

সকল প্রশংসা আমার প্রভু আল্লাহর, যিনি তাহার  
ভৃত্যকে চিন্তা করার এবং কাজ করার সামর্থ্য দান  
করেছেন । তাহার প্রদত্ত হাত দিয়ে কাজ করি, তাহারি  
দেয়া মস্তক দিয়ে চিন্তা করি এবং তাহারি দেয়া মুখ  
দিয়ে; তাহার প্রশংসা করি। সেই মহান সত্তাকে  
কৃতজ্ঞতা জানাবার জন্য এই অক্ষম ভৃত্যের নিজের  
কিছুই নাই।

এই পৃষ্ঠাটি ইচ্ছাকৃতভাবে খালি রাখা হয়েছে

প্রজেক্টের মাধ্যমে ইলেকট্রনিক্স শেখার সিরিজ

# ডিজিটাল ইলেকট্রনিক্স

থিওরী এবং প্রাকটিক্যাল ইলেকট্রনিক্স

প্রকৌশলী মীর এ বি এম জাকির হোসেন

সর্বস্বত্ব: ডাইনামিক পাবলিকেশন

প্রথম প্রকাশ: জানুয়ারী, ২০১৩

একমাত্র পরিবেশক:

ডাইনামিক পাবলিকেশন, ঢাকা

১০৩, বশিরউদ্দিন রোড

কলাবাগান, ঢাকা।

ফোন: ৮১ ৩০ ৬০০

মোবাইল: ০১৭১৬ ৩১৮২৭৬

ই-মেইল: [solution\\_resource@hotmail.com](mailto:solution_resource@hotmail.com)

অনলাইন:

[www.sites.google.com/site/dynamicpb](http://www.sites.google.com/site/dynamicpb)

## ডাইনামিক পাবলিকেশন প্রকাশনা

Engineer Mir ABM Jakir Hossain

HATEE KOLOME SIKHI – DIGITAL ELECTRONICS

Copyright © 2013 by Dynamic Publication, Inc. All rights reserved. Printed in the People Republic Of Bangladesh. Except as permitted under the People Republic Of Bangladesh Copyright Act, no part of this publication may be reproduce or distributed in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

কপিরাইট @ ২০১৩ ডাইনামিক পাবলিকেশনের নামে সর্বস্বত্ত্ব রক্ষিত। গনপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশে মুদ্রিত। গনপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকারের কপিরাইট আইন অনুযায়ী , এই বইয়ের কোন অংশ, প্রকাশকের পূর্ব অনুমতি ব্যতিত , যে কোন অবস্থায় পুনর্মুদ্রন অথবা প্রচার করা যাইবে না অথবা কোন লিখিত বা ডিজিটাল বা অন্য কোন ডাটাবেজ ব্যবস্থায় সংরক্ষন করা যাইবে না।

Dynamic Publication books are available at special quantity discounts to use as premium and sales promotions, or for use in corporate training programs. For more information, please contact, Director of Special Sales, Dynamic Publication, Phone – 8130600 or email: [solution\\_resource@hotmail.com](mailto:solution_resource@hotmail.com) . or <http://sites.google.com/site/dynamiccpb> or contact your local bookstore.

ডাইনামিক পাবলিকেশনের বইসমূহ বিভিন্ন প্রশিক্ষন বা বিক্রয় প্রমোশনের জন্য বিশেষ মূল্য সরবরাহের ব্যবস্থা আছে। বিস্তারিত জানার জন্য যোগাযোগ করুন , স্পেশাল বিক্রয় ম্যানেজার, ডাইনামিক পাবলিকেশন, ফোন - ৮১৩০৬০০ অথবা ইমেইল করুনঃ [solution\\_resource@hotmail.com](mailto:solution_resource@hotmail.com)

Information obtained in this work has been obtained by Dynamic Publication, Inc. from sources to be believed to be reliable. However, neither Dynamic Publication nor its author's gurantee the acuracy or completeness of any information published herein and neither Dynamic Publication nor its authors shall be responsible for any errors, omissions or damage arising out of use of this information. This book published with the understanding that Dynamic Publication and its authors are supplying information but not attempting to render engineering or other professional services. If such services are required, the assistance of an appropriate professional should be sought.

অধ্যায় একঃ ডিজিটাল ইলেকট্রনিক্স বেসিক

অধ্যায় দুইঃ লজিক গেট

ব্যাবহারিক একঃ লজিক গেট বেসিক

অধ্যায় তিনঃ কম্বিনেশনাল সার্কিট

ব্যাবহারিক দুইঃ হোম সিকিউরিটি সার্কিট

অধ্যায় চারঃ কম্বিনেশনাল সার্কিট ডিজাইন

ব্যাবহারিক তিনঃ গাণিতিক কাজ করার প্রসেসর ডিজাইন

ব্যাবহারিক চারঃ সেভেন সেগমেন্ট ব্যাবহার করে সংখ্যা ডিসপ্লে করা

অধ্যায় পাচঃ সিকোয়েন্সিয়াল সার্কিট

ব্যাবহারিক পাচঃ ফ্লিপ ফ্লপ দিয়ে সার্কিট নির্মাণ

ব্যাবহারিক ছয়ঃ রেজিষ্টার এবং কাউন্টার সার্কিট নির্মাণ

অধ্যায় ছয়ঃ সিকোয়েন্সিয়াল সার্কিট ডিজাইন

ব্যাবহারিক সাতঃ বুদ্ধিমান লক ডিজাইন

অধ্যায় সাতঃ ব্যাবহারিক ডিজাইন সমূহ

ব্যাবহারিক আটঃ ডিজিটাল লজিক ব্যবহার করে মোটরের দিক নিয়ন্ত্রণ

ব্যাবহারিক নয়ঃ এনালগ থেকে ডিজিটাল কনভার্টার

ব্যাবহারিক দশঃ এসি ডিভাইসকে ডিজিটাল সার্কিট দিয়ে নিয়ন্ত্রণ

ব্যাবহারিক এগারোঃ মোবাইল ফোন ব্যবহার করে বিভিন্ন ডিভাইস নিয়ন্ত্রণ

ব্যাবহারিক বারোঃ ক্লক পালসের সাহায্য আলোর রেখা পরিবর্তন

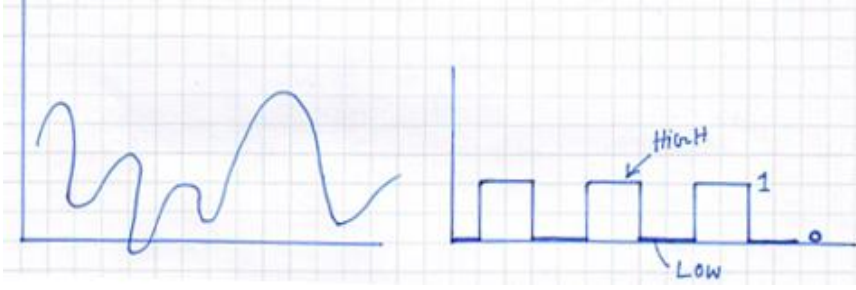
## ডিজিটাল ইলেকট্রনিক্স বেসিক

ডিজিটাল ইলেকট্রনিক্সের জগতে স্বাগতম! এই অধ্যায়ে আমরা ডিজিটাল জগতের ক'খ'গ জানবো। ডিজিটাল সার্কিট কি, এনালগ এবং ডিজিটাল সার্কিটের পার্থক্য কি? এরকম বিষয় নিয়ে আলোচনা করবো।

ইলেকট্রনিক্স জগতকে মোটামুটি দুইভাগে ভাগ করা সম্ভব। এদের একটি হচ্ছে ডিজিটাল এবং অন্যটি হচ্ছে এনালগ। ডিজিটাল সার্কিট, ইলেকট্রনিক্স জগতের এক গুরুত্বপূর্ণ অংশ দখল করে আছে। আমরা আমাদের দৈন্দন্দিন জীবনে যে ইলেকট্রনিক্স ডিভাইস সমূহ ব্যবহার করি যেমন মোবাইল ফোন, কম্পিউটার ইত্যাদিতে ডিজিটাল ইলেকট্রনিক্স কনসেপ্ট ব্যবহার করা হয়। এমনকি বিভিন্ন মেক্যানিক্যাল ডিভাইস যেমন গাড়ীর ইঞ্জিন, ফুয়েল ইঞ্জেক্টর, লোকমোশন সিস্টেম নিয়ন্ত্রণের জন্যও ডিজিটাল সার্কিট ব্যবহার করা হয়। সুতরাং ইলেকট্রনিক্স জগতকে জানতে হলে আমাদের অবশ্যই ডিজিটাল সার্কিট সম্পর্কে জানতে হবে। এই অধ্যায়ে আমরা ডিজিটাল ইলেকট্রনিক্স এর বেসিক সম্পর্কে জানবো।

## ডিজিটাল এবং এনালগ

আমাদের যদি বলা হয়, চাঁদ একটি উপগ্রহ। এটা সত্য না মিথ্যা? চাঁদের নিজের কোন আলো নেই। এটা কি সত্য বা মিথ্যা? এবং চাঁদে কোন অক্সিজেন নেই। এটাও কি সত্য না মিথ্যা? উপরের এই প্রশ্নসমূহ থেকে আমরা চাঁদ সম্পর্কে ধারণা পেতে পারি। যদিও উপরের প্রশ্নগুলোর মান শুধুমাত্র সত্য এবং মিথ্যা হতে পারে। এই সত্য এবং মিথ্যা প্রশ্নের উত্তরের সাহায্যই আমরা কোন অবস্থাকে বিশ্লেষণ করতে পারি। কোন প্রশ্নের উত্তরের মান সত্য হলে ১ এবং মিথ্যা হলে ০ ধরতে পারি। এই সত্য মিথ্যা প্রশ্নের ১ এবং ০ মানের মতো যেকোন ডিজিটাল সিস্টেমেও শুধুমাত্র দুটি মান থাকতে পারে। ডিজিটাল সিস্টেম হচ্ছে সেই সিস্টেম, যেটি ডিজিটাল লজিক ব্যবহার করে কাজ করে। আমরা ডিজিটাল শব্দের সাথে পরিচিত হলাম। কিন্তু এনালগ কি? এনালগ হচ্ছে ডিজিটালের বিপরীত। এনালগ সার্কিটের বৈশিষ্ট্য হচ্ছে, এসব সার্কিটের মান সময়ের সাথে পরিবর্তন হয়। অর্থাৎ এনালগ সার্কিটে আমরা বিভিন্ন সময়ে বিভিন্ন ভোল্টেজ পেতে পারি। যেমন প্রথম সেকেন্ডে ২ ভোল্ট, পরের সেকেন্ডে ২.২ ভোল্ট, এর পরের সেকেন্ডে ২.১ ভোল্ট ইত্যাদি। অন্যদিকে ডিজিটাল সার্কিটের মাত্র দুটি মান থাকতে পারে; শূন্য এবং এক, যাকে লো এবং হাই বলা যেতে পারে। যেমন আমরা যখন কম্পিউটারের মাউস ব্যবহার করি তখন, মাউসের অভ্যন্তরের সেন্সরটি প্রতি মুহূর্তে ভিন্ন ভিন্ন ভোল্টেজ তৈরী করে। আমরা যদি মাউসের সেন্সর থেকে প্রাপ্ত সিগন্যালটি দেখি তবে এটি নিচের গ্রাফের মতো হবে। এটি একটি এনালগ সিগন্যাল। আধুনিক কম্পিউটার এনালগ সিস্টেম নিয়ে কাজ করতে পারেনা। কাজ করার জন্য কম্পিউটারের প্রয়োজন হয় ডিজিটাল সিগন্যাল। তাই মাউস থেকে প্রাপ্ত সিগন্যালকে কম্পিউটারের মনিটরে দেখানোর জন্য এনালগ সিগন্যালকে ডিজিটাল সিগন্যালে পরিণত করা হয়। এজন্য ব্যবহার করা হয় এনালগ টু ডিজিটাল কনভার্টার।



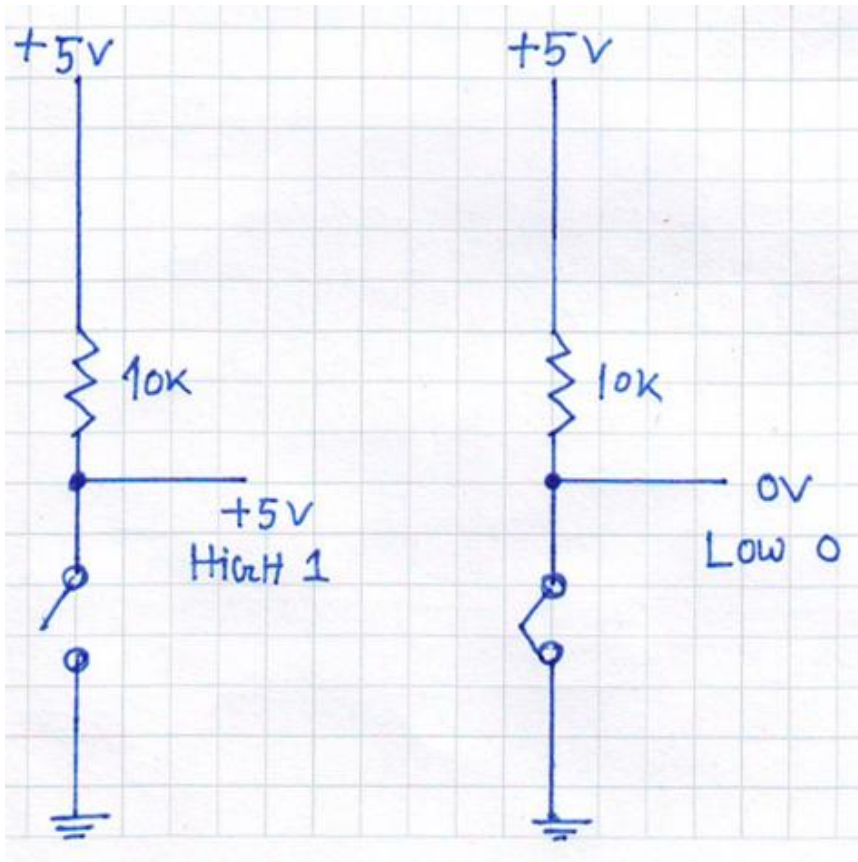
আইকন কোড	আবার অনেক কাজের জন্য আমাদের ডিজিটাল টু এনালগ
গুরুত্বপূর্ণ তথ্য	কনভার্টার ব্যবহার করতে হয়। এগুলো নিয়ে আমরা
নিজেকে পরীক্ষা	পরবর্তীতে আরো বিস্তারিত আলোচনা করবো।
পিসিতে ডিজাইন	
সার্কিট নির্মাণ	এনালগ সার্কিটের মধ্য রয়েছে রেকটিফায়ার, ফিল্টার, এমপ্লিফায়ার, বিভিন্ন ট্রানজিস্টর সুইচ ইত্যাদি। এনালগ সার্কিট বিভিন্ন ক্ষেত্রে ব্যবহার হলেও, এনালগ সার্কিটের সীমাবদ্ধতা হচ্ছে এই সার্কিট গুলো কোন তথ্য সংরক্ষণ করতে পারেনা অথবা কোন সিদ্ধান্ত নিতে পারেনা। সিদ্ধান্ত নিতে পারে বা মেমোরী আছে এমন সার্কিট নির্মাণ করতে হলে আমাদের ডিজিটাল সার্কিট সম্পর্কে জানতে হবে। এনালগ সার্কিটে বিভিন্ন ধরনের কম্পোনেন্ট ব্যবহার করা হলেও, ডিজিটাল সার্কিট মূলত আইসি নির্ভর। ডিজিটাল সার্কিট নির্মাণের জন্য বিভিন্ন আইসি ব্যবহার করা হয়। এগুলো সম্পর্কে আমরা পরে বিস্তারিত আলোচনা করবো।



### ডিজিটালে লো- হাই বা শূন্য এক বলতে কি বুঝায়?

যেকোন ডিজিটাল সার্কিটের, যেকোন স্থানে দুই রকমের ভোল্টেজ থাকতে পারে। এদের বলা হয় লো ভোল্টেজ এবং হাই ভোল্টেজ। এই হাই এবং লো বলতে কোন একটি নির্দিষ্ট স্থানের ভোল্টেজের মানকে বুঝায়। যেমন হাই বলতে বুঝানো যেতে পারে, কোন স্থানে ভোল্টেজ আছে এবং লো বলতে বুঝানো যেতে পারে কোন স্থানে ভোল্টেজ নাই,





অর্থাৎ শূন্য। আবার হাই ও লো দ্বারা সত্য এবং মিথ্যাকেও বুঝানো যেতে পারে।  
 হাই = সত্য এবং লো = মিথ্যা। আবার আমরা এর বিপরীতও সেট করতে পারি।  
 যেমন হাই = মিথ্যা এবং লো = সত্য। এটা সম্পূর্ণ ডিজাইনারের উপর নির্ভর  
 করবে, সে কোন মান নির্ধারণ করবে। জটিলতা এড়াবার জন্য আমরা এই বইতে  
 হাই বলতে পজিটিভ অর্থাৎ হাই - সত্য এবং লো বলতে নেগেটিভ অর্থাৎ  
 লো=মিথ্যা বুঝাবো। এই পর্যায়ে বিষয়টি অনেকের কাছে পরিষ্কার না হলেও  
 সমস্যা নেই। শুধুমাত্র মনে রাখতে হবে, হাই = ১ এবং লো = ০ [বুলিয়ান

লজিক]। পরবর্তীতে আমরা যখন বিভিন্ন সমস্যা সমাধান করবো তখন বিষয়টি পরিষ্কার হয়ে যাবে।

সাধারনত হাই তে কত ভোল্টেজ হবে এবং লো তে কত ভোল্টেজ হবে তা আইসি এর উপর নির্ভর করে। সাধারনভাবে বলা যায়, +৫ ভোল্ট হচ্ছে হাই এবং ০ ভোল্টকে লো ভোল্টেজ বলা হয়। কিন্তু সবসময় যে এমন হবে তার কোন কারন নেই। উদাহরনস্বরূপ, অনেক আইসি +২.৪ থেকে +৫ ভোল্টকে হাই এবং +০.৮ থেকে ০ ভোল্টকে লো হিসাবে নিতে পারে। আবার অনেক আইসি অন্য কোন ভিন্ন মানকে হাই-লো হিসাবে নেয়। এগুলো নিয়েও আমরা পরবর্তীতে আলোচনা করবো।



### ডিজিটাল ইলেকট্রনিক্সে নম্বর সিস্টেম

আমরা আমাদের দৈন্দদিন জীবনের বিভিন্ন হিসাব নিকাশের জন্য ০ থেকে ৯ মোট দশটি সংখ্যা ব্যবহার করি। অন্যদিকে ডিজিটাল ইলেকট্রনিক্সে শুধুমাত্র ০ এবং ১, দুটো মান থাকতে পারে। তাই আমাদের দৈন্দদিন জীবনের নম্বর সিস্টেম দিয়ে ডিজিটাল ইলেকট্রনিক্সের হিসাব নিকাশ করা সম্ভব নয়। এজন্য প্রয়োজন নতুন কোন নম্বর সিস্টেম যেখানে শুধুমাত্র দুটি সংখ্যা থাকবে। এরকম একটি নম্বর সিস্টেম হচ্ছে বাইনারী নম্বর সিস্টেম।

বাইনারী নম্বর সিস্টেমঃ আমরা আমাদের দৈন্দদিন জীবনের যে নম্বর সিস্টেম ব্যবহার করি, তাকে বলা হয় ডেসিমাল নম্বর সিস্টেম। এই সিস্টেমে শূন্য থেকে নয় পর্যন্ত দশটি সংখ্যা গননা করা হয়। আমাদের হাতেও দশটি আঙ্গুল আছে, যা দিয়ে ডেসিমাল সিস্টেমে গননা করা অনেক সহজ। এই ডেসিমাল সিস্টেম ব্যবহার করে আমরা কেনাবেচা, ক্রিকেটের স্কোর, বছর গননা ইত্যাদি করে থাকি। এখন মনে করা যাক, ভিনগ্রহে কোন এলিয়েন আছে, যাদের হাতে মাত্র দুইটি আঙ্গুল আছে।

দুই আঙ্গুল দিয়ে ডেসিমাল সিস্টেমের শূন্য থেকে নয়, এই দশটি সংখ্যা গননা করা এলিয়েন বন্ধুদের জন্য কষ্টকর হবে। তাই আমাদের দরকার হবে এমন একটি নম্বর সিস্টেম, যেখানে মাত্র দুইটি সংখ্যা আছে এবং এই দুইটি সংখ্যা দিয়েই শূন্য থেকে নয় প্রকাশ করা সম্ভব। দুই সংখ্যার এই নম্বর সিস্টেমকে বলা হবে বাইনারী নম্বর সিস্টেম। বাইনারী সিস্টেম মাত্র দুইটি সংখ্যা আছে। এগুলো হচ্ছে যথাক্রমে শূন্য এবং এক। যেহেতু ডিজিটাল সার্কিটের যেকোন স্থানে শুধুমাত্র দুই রকমের ভোল্টেজ থাকতে পারে, তাই ডিজিটাল সিস্টেমে বাইনারী নম্বর ব্যবহার করা হয়।

বাইনারী সিস্টেমের কনসেপ্ট ডেসিমাল সিস্টেম থেকে ভিন্ন কিছু নয়। একটি উদাহরণের সাহায্য বিষয়টি আলোচনা করা যাক। আমরা একটি ডেসিমাল সংখ্যা ধরি ৩২৪। এখন ৩২৪ এর মধ্য ৪ এর মান সবচেয়ে কম এবং ৩ এর মান সবচেয়ে বেশি। কারণ তিন দিয়ে তিন শত বুঝানো হচ্ছে। অন্যদিকে ৪ হচ্ছে শুধু চার এবং ২ হচ্ছে বিশ ঘরের সংখ্যা। ৩২৪ কে আমরা নিচের মতো লিখতে পারি।

$$৩২৪_{১০} = ৩ \times ১০^২ + ২ \times ১০^১ + ৪ \times ১০^০$$

একইভাবে যেকোন বাইনারী সংখ্যাকে এই ফরম্যাটে লেখা সম্ভব। যেমন কোন বাইনারী সংখ্যা ১১০০১ কে নিচের মতো লেখা সম্ভব।

$$১১০০১_২ = (১ \times ২^৪) + (১ \times ২^০) + (০ \times ২^২) + (০ \times ২^১) + (১ \times ২^০)$$

এখন মান বসালে আমরা পাই,

$$১১০০১_২ = (১ \times ২^৪) + (১ \times ২^০) + (০ \times ২^২) + (০ \times ২^১) + (১ \times ২^০)$$

$$১১০০১_২ = ১৬ + ১ + ০ + ০ + ১$$

$$11001_2 = 02$$

সুতরাং ১১০০১ বাইনারী সংখ্যা ডেসিমালে হচ্ছে ৩২।

আমরা ৩২৪ সংখ্যার ক্ষেত্রে দেখেছি সর্ববামে ৩ এর মান বেশি এবং সর্বডানে ৪ এর মান সবচেয়ে কম। তাই সর্ব বামের বিট বা সংখ্যাকে বলা হয় সবচেয়ে ভারী সংখ্যা [Most Significant bit] এবং সর্ব ডানের সংখ্যাকে বলা হয় সবচেয়ে হালকা সংখ্যা [Less Significant Bit]।

আমরা আগে জেনেছি, কম্পিউটার এবং ডিজিটাল সার্কিট সমূহ বাইনারী নম্বর সিস্টেম ব্যবহার করে। কিন্তু আমরা ব্যবহার করি ডেসিমাল সিস্টেম। এখন ডিজিটাল সিস্টেম নিয়ে কাজ করতে হলে আমাদের এমন কোন উপায় বের করতে হবে, যার সাহায্য ডেসিমাল কে বাইনারী তে এবং বাইনারী কে ডেসিমালে রূপান্তর করতে পারি। এটি কঠিন কিছুই নয়। নিচের উদাহরনে বিষয়টি দেখানো হলো।

মনেকরি আমাদের একটি সংখ্যা আছে ১০৯। একে আমরা বাইনারীতে রূপান্তর করবো। এজন্য ১০৯ কে ২ দিয়ে ভাগ করতে হবে এবং প্রতিবারে ভাগশেষ নিতে হবে, যে পর্যন্ত না শেষ পর্যায়ে পৌঁছে। এরপর সবচেয়ে উপরের সংখ্যাটি বামে থাকবে এবং সবচেয়ে নিচের সংখ্যাটি ডানে থাকবে।

১০৯ এর বাইনারী

$$109/2 = 54 \text{ এবং ভাগশেষ } 1 \text{ [সবচেয়ে হালকা সংখ্যা]}$$

$$54/2 = 27 \text{ এবং ভাগশেষ } 0$$

$$27/2 = 13 \text{ এবং ভাগশেষ } 1$$

$$13/2 = 6 \text{ এবং ভাগশেষ } 1$$

$৬/২ = ৩$  এবং ভাগশেষ  $০$

$৩/২ = ১$  এবং ভাগশেষ  $১$

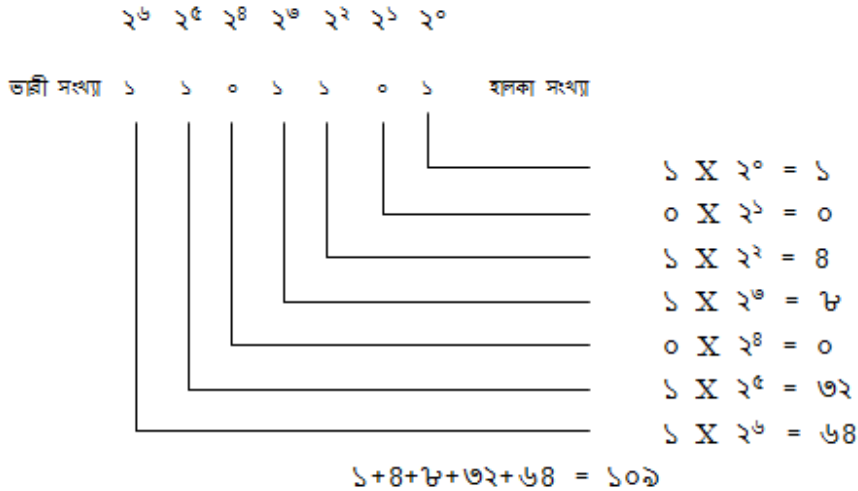
$১/২ = ০$  এবং ভাগশেষ  $১$  [সবচেয়ে ভারী সংখ্যা]

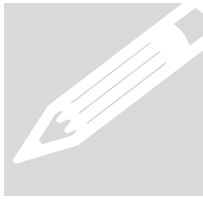
শেষ পর্যন্ত যে বাইনারী সংখ্যাটি আমরা পেলাম  $১১০১১০১$

যদি আমরা এই বাইনারী সংখ্যাকে আট বিটে প্রকাশ করতে চাই তবে এর পূর্বে শূন্য বসাতে হবে। এটি হবে  $০১১০১১০১$ । আট বিটে প্রকাশের সুবিধা পরবর্তীতে বোঝা যাবে।

এখন বাইনারী থেকে কিভাবে ডেসিমাল সংখ্যা পাওয়া যাবে? উপরে আমরা একটি উদাহরন দেখেছি। নিচে আরেকটি উদাহরন দেয়া হলো।

$১১০১১০১$  এর ডেসিমাল কত হবে?





### ডেসিমাল - বাইনারী

বাইনারী থেকে ডেসিমাল এবং ডেসিমাল থেকে বাইনারী সংখ্যা পরিবর্তনের সবচেয়ে ভালো উপায় হচ্ছে ক্যালকুলেটর ব্যবহার করা। এজন্য শুধু ক্যালকুলেটরকে বাইনারী মোডে নিতে হবে।

এরপর ০ ও ১ দিয়ে সংখ্যাটি লিখতে হবে। এরপর শুধু মোড পরিবর্তন করে ডেসিমালে নিলেই, ডেসিমাল সংখ্যাটি পাওয়া যাবে।



১০১০০১০০ কে ডেসিমালে রূপান্তর করি।

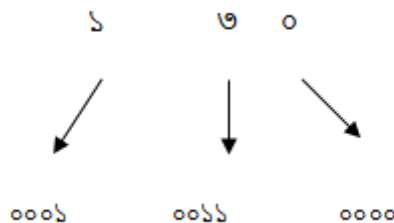


৭২০ কে বাইনারীতে পরিনত করি



### বাইনারী কোডেড ডেসিমাল নম্বর (BCD)

বাইনারী কোডেড ডেসিমাল নম্বর সিস্টেমে, প্রতিটি ডেসিমাল সংখ্যাকে ৪ বিট বাইনারী সংখ্যায় প্রকাশ করা হয়। যেমন ১৩০ কে আমরা যদি বাইনারী কোডেড ডেসিমালে প্রকাশ করতে চাই তবে একে নিচের মতো লেখা যায়।



$$150_{10} = 0001\ 0011\ 0000_{(BCD)}$$

এখানে প্রথমে ১ এর বাইনারী নেয়া হয়েছে। এরপর ৩ এর বাইনারী এবং ০ এর বাইনারী ০০০০ নেয়া হয়েছে। সর্বশেষে সবগুলো বাইনারী সংখ্যাকে একসাথে লেখা হয়েছে, যেটি বাইনারী কোডেড ডেসিমাল সংখ্যা।



### টু এর কমপ্লিমেন্ট (2's Complement)

আমরা এতক্ষণ যে বাইনারী সংখ্যা সমূহ নিয়ে কাজ করেছি সেগুলো সব পজেটিভ সংখ্যা। আমরা কোন নেগেটিভ সংখ্যা নিয়ে কাজ করি নাই। কিভাবে আমরা কোন নেগেটিভ

বাইনারী সংখ্যাকে প্রকাশ করবো। এজন্য আমাদের দরকার হবে সাইন ম্যাগনিটিউড এবং টু এর কমপ্লিমেন্ট। সাইন ম্যাগনিটিউড প্রক্রিয়ায় আমরা একটি বিট রিজার্ভ রাখবো [সাধারণত সর্ব বামের বিট] যেটি সাইন বিট হিসাবে কাজ করবে। যদি এই বিটের মান ০ হয় তবে সংখ্যাটি পজেটিভ এবং যদি এই বিটের মান ১ হয় তবে সংখ্যাটি নেগেটিভ। যেমন ০১১১ কে সাইন ম্যাগনিটিউড প্রক্রিয়ায় নেগেটিভ সংখ্যা কারন এর সর্ববামের বিট ০। অন্যদিকে ১১১১ হচ্ছে পজেটিভ, কারন এর সর্ববামের বিট পজেটিভ। এই বিষয়টি খুব সাধারণ হলেও এটি খুব বেশী একটা ব্যবহার হয়না। মাঝে মাঝে ডিসপ্লে সার্কিট এবং এনালগ থেকে ডিজিটাল সার্কিট রূপান্তরে এই সাইন ম্যাগনিটিউড ব্যবহার করা হয়।

নেগেটিভ বাইনারী নম্বর নিয়ে কাজ করার সময় সবচেয়ে বেশি ব্যবহার করা হয় টু এর কমপ্লিমেন্ট। টু এর কমপ্লিমেন্টে পজেটিভ নম্বরকে সাধারণ বাইনারী নম্বর হিসাবে দেখানো হয়, যেমন ১১০১১। কিন্তু নেগেটিভ নম্বর দেখানোর সময়, নেগেটিভ নম্বরকে এর সহগ পজেটিভ নম্বরের সাথে যোগ করে দেখানো হয়। নিচে উদাহরনের সাহায্য বিষয়টি দেখানো হলো।

যেমন আমরা -৪১ এর বাইনারী করতে চাই।

৪১ এর বাইনারী হচ্ছে = ০০১০ ১০০১

১' এর কমপ্লিমেন্ট হচ্ছে=১১০১ ০১১০[শুধুমাত্র ০ কে ১ এবং ১ কে শূন্য লেখা]

১ যোগ করি = +১

ফলাফল = ০০১০ ১০০১ [এটি হচ্ছে ২' এর কমপ্লিমেন্ট]

সাধারণভাবে বলা যায়, যেকোন নম্বরকে টু এর কমপ্লিমেন্টের সাহায্য নেগেটিভ সংখ্যাতে প্রকাশ করতে হলে এর বাইনারী নিতে হবে। এরপর ১ এর কমপ্লিমেন্ট নিতে হবে, যেটি শুধুমাত্র ০ কে ১ এবং ১ কে শূন্য দিয়ে সরানো। সর্বশেষে ১ এর কমপ্লিমেন্টে প্রাপ্ত সংখ্যাকে ১ দিয়ে যোগ করলেই এটি দুই এর কমপ্লিমেন্টে পরিণত হবে। এটিই সেই সংখ্যার বাইনারী রূপ।



### বাইনারী সংখ্যার যোগ বিয়োগ

বাইনারী নম্বরের যোগ বিয়োগ গুন ভাগ সহ সব ধরনের কাজকর্ম শুধুমাত্র ক্যালকুলেটরের সাহায্য করা সম্ভব। কিন্তু এটা একধনের প্রতারনা, যদি আমরা না জানি মেকানিজমটি কিভাবে কাজ করে। সিস্টেমের মেকানিজম জানা অনেক গুরুত্বপূর্ণ প্রমানিত হবে, যদি আমরা কখনো যোগ বিয়োগ করতে পারে এমন সার্কিট ডিজাইন করতে চাই। তাই আমাদের জানতে হবে কিভাবে এগুলো হাতে করা সম্ভব।

বাইনারী নম্বরের যোগ সাধারণ যোগের মতোই। যদি কোন কলামের মান এক ঘরের এর চেয়ে বেশী হয়ে যায় তবে এর সাথে ১ যোগ করতে হবে।

$$২০ = ০০০১ ০১০০$$

$$৮৭ = ০১০১ ০১১১$$

---


$$১০৭ = ০১১০ ১০১১$$



বাইনারী সংখ্যার বিয়োগ যোগের চেয়ে কিছুটা ভিন্ন ধরনের। এটা ডেসিমাল সংখ্যার বিয়োগের মতোই, কিন্তু কিছুটা ভিন্ন। যেমন আমরা যদি ১ থেকে ০ বিয়োগ করতে চাই তবে আমাদের বাম পাশের কলাম থেকে ১ ধার করার কথা। কিন্তু আসলে তা নয়। আমাদের ধার করতে হবে ১০। এটা আমাদের সুন্দর মাথা ব্যাখার কারন হতে পারে, যদি আমরা হাতে এটি করতে যাই। এখানে ২' এর কমপ্লিমেন্টের ম্যাজিক কাজ করে। এই উপায়ে পজেটিভ এবং নেগেটিভ সংখ্যাকে যোগ করা হয়, যেখানে নেগেটিভ সংখ্যার সাথে সাইন বিট যোগ করা হয়। বাইনারী যোগ বিয়োগে ২' এর কমপ্লিমেন্ট বহুল ব্যবহার করা হয়।

$$+19 = 0001\ 0011$$

$$-9 = 1111\ 1001$$

---


$$\text{যোগ} = 0000\ 1100$$



### ক্লক টাইম

ডিজিটাল সার্কিট কাজ করার সময় সাধারনত ক্লক টাইমের প্রয়োজন হয়। কারন ডিজিটাল সার্কিট নির্ধারিত ক্লক পালসের সাথে কাজ করে। সাধারনত ক্লক সার্কিট নির্ধারিত সময় পর পর হাই এবং লো পালস তৈরী করে। ক্লক পালস কত সময় পর পর হবে তা নির্ভর করে এর ফিকোয়েন্সী এর উপর। আমরা জানি ফিকোয়েন্সী এর ফর্মুলা হচ্ছে  $T = 1/f$  । সুত্রানুসারে যদি,  $T = 10\text{ns}$  হয় তাহলে  $f = 1/10\text{ns} = 100\text{MHZ}$



### সিরিয়াল এবং প্যারালাল ডাটা ট্রান্সমিশন

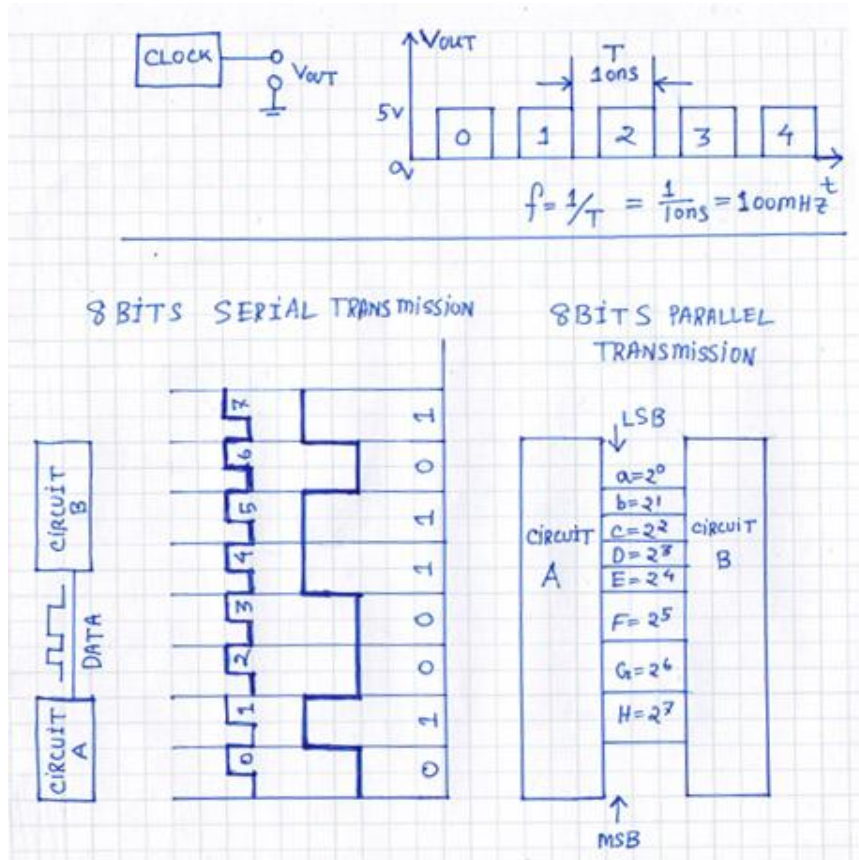
ডিজিটাল সার্কিটে কোন তথ্য একস্থান থেকে অন্য স্থানে নিতে দুই পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। সিরিয়াল ট্রান্সমিশন এবং প্যারালাল ট্রান্সমিশন। সিরিয়াল ট্রান্সমিশন পদ্ধতিতে, শুধুমাত্র একটি তারের সাহায্য একস্থান থেকে অন্যস্থানে ডাটা সরবরাহ করা হয়। এভাবে প্রতিটি ডাটা প্রতি ক্লকের বিটের সাথে সাথে একস্থান থেকে অন্যস্থানে যেতে থাকে। অধিকাংশ ক্ষেত্রে আমাদের কী-বোর্ডের সাথে কম্পিউটারের কানেকশন সিরিয়াল কানেকশন।

অন্যদিকে প্যারালাল ক্ষেত্রে প্রতিটি ডাটার বিটের জন্য ভিন্ন ভিন্ন তার ব্যবহার করা হয়। এভাবে সম্পূর্ণ ডাটা সেট শুধুমাত্র এক ক্লক সিগন্যালের সাথেই একস্থান থেকে অন্যস্থানে যেতে পারে।

যেমন আমরা যদি কোন ডাটা সেট ১০১১১০ কে একস্থান থেকে অন্যস্থানে প্রেরণ করতে চাই তবে, সিরিয়াল ডাটা ট্রান্সফার মোডে প্রথমে ১ যাবে এরপর যাবে ০, এরপর যাবে ১ এবং এভাবে যেতে থাকবে। এভাবে একটি তার ব্যবহার করেই সব ডাটা প্রেরণ করা সম্ভব।

অন্যদিকে প্যারালাল ডাটা ট্রান্সমিশনের জন্য একতারের বদলে অনেক গুলো তার ব্যবহার করা হয়। অনেকগুলো তারের সাহায্য ১০১১১০ কে একসাথে প্রেরণ করা সম্ভব।

প্যারালাল ডাটা কমিউনিকেশন অবশ্যই সিরিয়াল ডাটা থেকে দ্রুত কাজ করে। কারন সিরিয়াল ডাটা সিষ্টেমে এক এক বিট একবারে যায় এবং প্যারালাল ডাটা সিষ্টেমে একসাথে সবগুলো বিট যায় [১০১১১০ তে, ১ হচ্ছে এক বিট, ০ হচ্ছে আরেক বিট, আবার ১ হচ্ছে তৃতীয় বিট ইত্যাদি] । মাইক্রোপ্রসেসর সিষ্টেমে প্যারালাল ডাটা ট্রান্সমিশন দেখা যায়।



এই অধ্যায়ে আমরা ডিজিটাল সার্কিটের বেসিক সম্পর্কে জানলাম। পরবর্তী অধ্যায়ে আমরা বিভিন্ন লজিক গেট নিয়ে আলোচনা করবো।

এই পৃষ্ঠাটি ইচ্ছাকৃতভাবে খালি রাখা হয়েছে

## লজিক গেট

এই অধ্যায়ে আমরা ডিজিটাল জগতের গুরুত্বপূর্ণ উপাদান লজিক গেট সম্পর্কে জানবো। নাহ! বিখ্যাত সফটওয়্যার নির্মাতা প্রতিষ্ঠান বিল গেটস এর নামে লজিক গেট নামকরণ করা হয়নি। লজিক গেট হচ্ছে ডিজিটাল সার্কিট নির্মাণের বেসিক উপকরণ।

লজিক গেট, ডিজিটাল লজিক ব্যবহার করে কাজ করে। ডিজিটাল সার্কিট নির্মাণে বেসিক যে লজিক গেট সমূহ ব্যবহার করা হয়, সেগুলো হচ্ছে, নট গেট, এন্ড গেট, অর গেট, ন্যান্ড গেট, নর গেট, এক্সর গেট। এই প্রতিটি গেট বিভিন্ন ভিন্ন লজিকে কাজ করে। এই অধ্যায়ে আমরা বিভিন্ন লজিক গেট এবং এই লজিক গেট ব্যবহার করে কিভাবে লজিক সার্কিট নির্মাণ করা সম্ভব তা সম্পর্কে আলোচনা করবো।

আইকন কোড

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

নিজেকে পরীক্ষা

পিসিতে ডিজাইন

সার্কিট নির্মাণ

পাঠক যেন বইয়ের বিভিন্ন অংশে সহজে ব্রাউজ করতে পারেন সেজন্য বইতে কিছু আইকন ব্যবহার করা হয়েছে

## লজিক গেট সারমর্ম

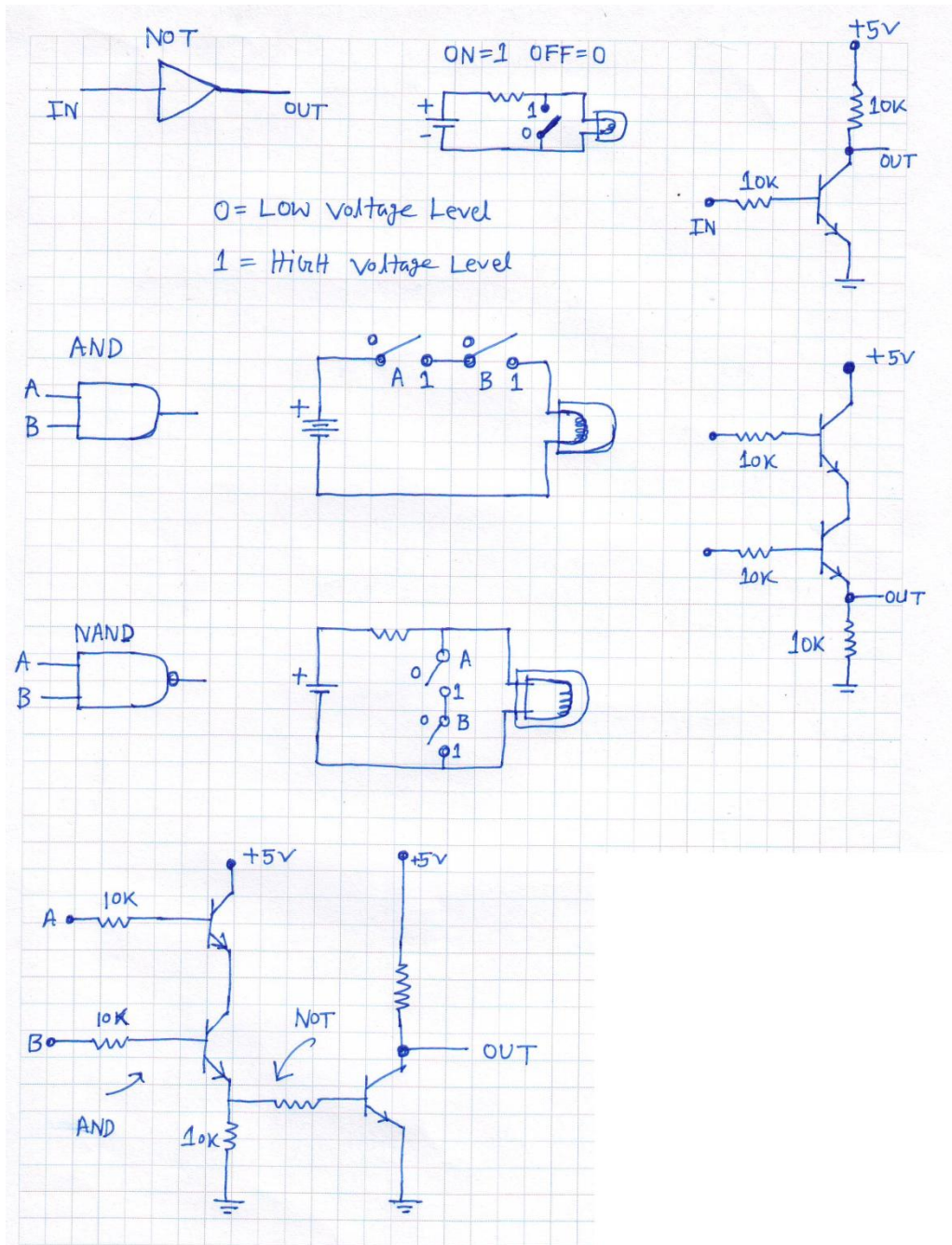
ইতিপূর্বে বলা হয়েছে, বিভিন্ন লজিক গেট ভিন্ন ভিন্ন লজিকে কাজ করে। ভিন্ন লজিকে কাজ করার কারন এদের আভ্যন্তরীণ সার্কিট নির্মানশৈলী ভিন্ন। বিভিন্ন লজিক গেটের জন্য ভিন্ন ভিন্ন চিহ্ন ব্যবহার করা হয়। যেমন এন্ড গেট বুঝাতে একরকমের চিহ্ন, ন্যান্ড গেট বুঝাতে ভিন্ন চিহ্ন ইত্যাদি।

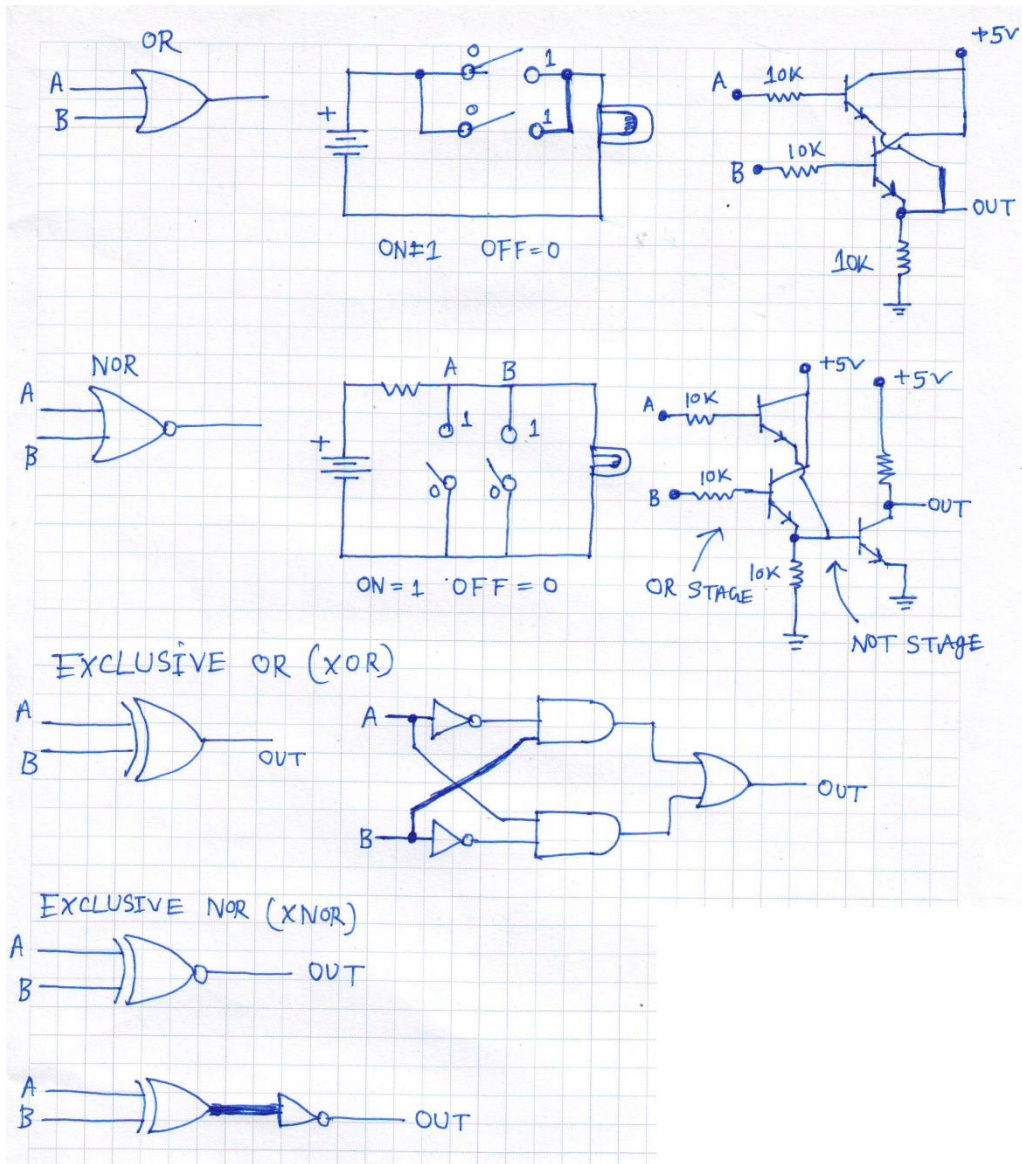
কোন লজিক গেটের ধর্ম প্রদর্শন করতে ব্যবহার করা হয় ট্রুথ টেবিল। ট্রুথ টেবিল হচ্ছে কোন ডিভাইসে যতগুলো ইনপুট হতে পারে সেই লিষ্ট এবং সব ইনপুট সিকোয়েন্সের থেকে প্রাপ্ত আউটপুট।

নিচে বিভিন্ন লজিক গেটের চিহ্ন, ট্রুথ টেবিল এবং সুইচিং ডায়াগ্রাম দেয়া হলো।

নট বা ইনভার্ট গেটঃ নট গেট বা ইনভার্ট গেট ইনপুটের বিপরীত আউটপুট দেয়। নট গেটে যে ইনপুট দেয়া হবে, আউটপুট তার বিপরিত হবে। ট্রুথ টেবিলে দেখা যাচ্ছে, যখন ইনপুট ০ তখন আউটপুট ১ এবং যখন ইনপুট ১ তখন আউটপুট ০। ট্রুথ টেবিল হচ্ছে বিশেষ ছক, যার মাধ্যমে কোন ডিভাইসের ইনপুট এবং আউটপুট আচরন প্রকাশ করা যায়। নট গেটের সুইচিং ডায়াগ্রামে দেখা যাচ্ছে, যখন সুইচ খোলা মানে ০ তে আছে তখন লাইট জ্বলছে। কিন্তু যখন সুইচ বন্ধ হয়ে গেলো মানে মান ১ হলো তখন বিদ্যুত বাল্বের ভিতর দিয়ে না গিয়ে সহজপথে তারের ভিতর দিয়ে যাবে। কারন এই পথে রেজিট্যান্স বা বাধা কম। সুতরাং বাল্ব জ্বলবে না। মানে সুইচ খোলা থাকলে বাল্ব জ্বলবে এবং বন্ধ হলে জ্বলবে না। এটিই নট গেট, যার ধর্ম উল্টো কাজ করা। নিচে নট গেটের ট্রুথ টেবিল দেয়া হলো।

IN	OUT
0	1
1	0





এন্ড গেটঃ এন্ড গেট হচ্ছে গুনবোধক গেট। এন্ড গেটের ইনপুট শুধুমাত্র তখনই হাই হবে যখন সবগুলো ইনপুট হাই হয়। ট্রুথ টেবলে দেখা যাচ্ছে, আউটপুট শুধু



তখনই হাই হচ্ছে যখন ইনপুট ১ ১ হচ্ছে। সুইচিং সার্কিটে দেখা যাচ্ছে, যখন দুটো সুইচের যেকোন একটি বন্ধ হয়, তখন ল্যাম্প জ্বলবে না। বরং যখন একসাথে দুটো সুইচ বন্ধ হয়ে যাবে কেবল তখনই ল্যাম্প জ্বলবে। এর মানে ১ ও ১ হলেই ল্যাম্প জ্বলবে। ০ ও ১ বা ০ ও ০ হলে ল্যাম্প জ্বলবে না। এন্ড গেটের ট্রুথ টেবিল নিচে দেয়া হলো।

A	B	OUT
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

ন্যান্ড গেটঃ ন্যান্ড গেট হচ্ছে এন্ড গেটের বিপরীত। ন্যান্ড শব্দকে ভাগ করলে আমরা পাই নট এন্ড। স্বভাবতই ন্যান্ড গেট এন্ড গেটের বিপরীত কাজ করবে। ন্যান্ড গেটের আউটপুট তখনই শূন্য হবে যখন দুটি সুইচ অন হবে। মানে যখন দুটি সুইচ অন হবে তখন আর ল্যাম্প জ্বলবে না।

A	B	OUT
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

অর গেটঃ অর গেটের আউটপুট হাই হবে যখন দুটি ইনপুটের যেকোন একটি হাই হবে। আর আউটপুট লো হবে যখন সবগুলো ইনপুট লো হবে। ট্রুথ টেবিলে দেখা যাচ্ছে শুধুমাত্র ০ ও ০ এর জন্য আউটপুট ০ হয়েছে। অন্য সব ক্ষেত্রে আউটপুট ১। সুইচিং সার্কিটেও আমরা একই ব্যাপার দেখতে পাই। যখনই কোন সুইচের মান ১

হয়ে যাচ্ছে তখনই ল্যাম্প জ্বলছে। শুধুমাত্র দুটি ০ ও ০ মানের জন্য ল্যাম্প বন্ধ আছে।

A	B	OUT
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

নর গেটঃ নর গেট হচ্ছে অর গেটের বিপরীত। নর শব্দকে বিশ্লেষণ করলে আমরা পাই নট অর। এটি স্বভাবতই নট গেটের বিপরীত কাজ করবে।

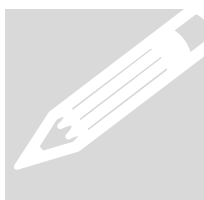
A	B	OUT
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

এক্সর গেটঃ এক্সর গেটের আউটপুট হাই হবে যখন দুটি ইনপুট একে অন্যর থেকে ভিন্ন হবে। ট্রুথ টেবিলে দেখা যাচ্ছে, ১ ও ১ এবং ১ ও ১ এর জন্য আউটপুট লো এবং বাকী ক্ষেত্রে আউটপুট হাই।

A	B	OUT
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

এক্সনর গেটঃ এক্সনর গেট এক্সর গেটের বিপরীত। এক্সনর গেটের ট্রুথ টেবল, এক্সর গেটের বিপরীত। এক্সনর গেটের আউটপুট হাই হবে যখন দুটি ইনপুট একই হবে।

A	B	OUT
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1



নিচের লজিক গেট সমূহের চিহ্ন, ট্রুথ টেবল অঙ্কন করি।  
এন্ড গেট, অর গেট, ন্যান্ড গেট, নর গেট, এক্সর গেট, এক্সনর গেট, নট গেট।

### লজিক গেটের ডিলে বা সময়ক্ষেপন

আমরা যখন আমাদের সার্কিটে সত্যিকার লজিকাল আইসি ব্যবহার করি তখন সেই আইসি গুলোতে ইনপুট পরিবর্তন হবার সঙ্গে সঙ্গেই আউটপুট পরিবর্তন হয়না। ইনপুট পাবার পর আউটপুট পরিবর্তন হতে কিছুটা সময় নেয়। এই সময়কে বলা হয় লজিক গেটের ডিলে বা সময়ক্ষেপন।

### লজিক্যাল সমীকরন এবং ডায়াগ্রাম

আমরা সার্কিট ডিজাইন করি কোন সমস্যাকে সমাধান করার জন্য। যেকোন সমস্যাকে আমরা বাক্যর সাহায্য সংজ্ঞায়িত করতে পারি। যেমন মনেকরি

আমাদের একটি সিকিউরিটি সার্কিট ডিজাইন করতে হবে, যেখানে ঘরের দরজা ও জানালার যেকোন একটি খোলা থাকলে এবং সাথে সাথে ঘরের লাইট অফ থাকলে এলার্ম অন হবে।

এই সমস্যাকে সংজ্ঞায়িত করলে পাওয়া যায়,

(দরজা খোলা অথবা জানালা খোলা) এবং লাইট অফ = এলার্ম

লজিক্যালি আমরা লিখতে পারি,

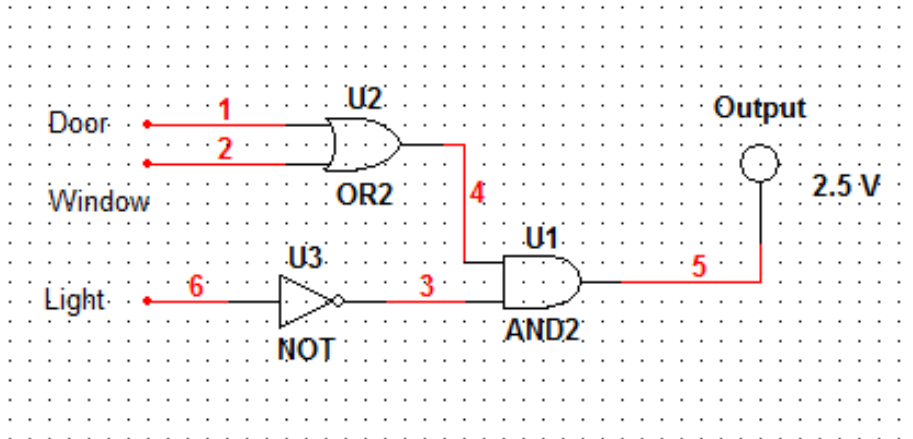
$$(D + W) \cdot L' = \text{Alarm}$$

এখানে,

দরজা খোলা =  $D$

জানালা খোলা =  $W$

লাইট =  $L$



এই সমীকরন,  $\text{Alarm} = (D + W) \cdot L'$  কে লজিক্যাল সমীকরন বলা হয়। এই লজিক্যাল সমীকরন থেকে আমরা লজিক্যাল ডায়াগ্রাম নির্মান করতে পারি। ডায়াগ্রামে দেখা যাচ্ছে, তিনটি ইনপুট এবং লাইট ইনপুটের সাথে নট গেট যুক্ত করা হয়েছে। দরজা এবং জানালার ইনপুটকে অর করা হয়েছে।

এভাবে যেকোন সমস্যা থেকে লজিক্যাল সমীকরন এবং সেই সমীকরন থেকে লজিক ডায়াগ্রাম নির্নয় করা সম্ভব।



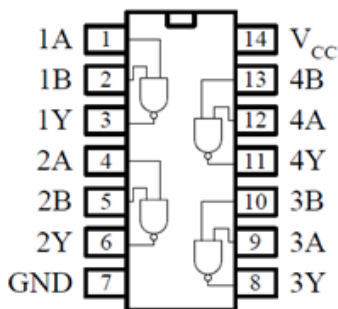
### লজিক গেটের আইসি

আমরা এখন ডিজিটাল সার্কিটের লজিক গেট নিয়ে আলোচনা করেছি। এখন আমাদের মনে প্রশ্ন আসা স্বাভাবিক, এই গেট সমূহ বাস্তবে দেখতে কি রকম বা এই গেট সমূহকে কিভাবে সার্কিটে ব্যবহার করা যায়।

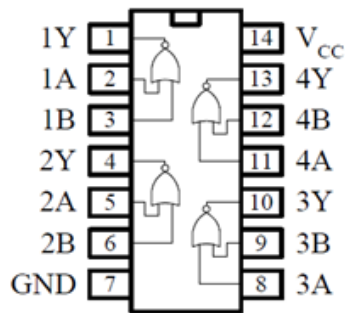
সাধারনত গেট সমূহ আইসি বা চিপ আকারে আসে। এই চিপের ভিতরে কি আছে তা অনেকের কৌতুহলের কারন হতে পারে। তবে সবচেয়ে ভালো হয় এই বিষয়কে চিপ নির্মাতার উপর ছেড়ে দেয়া। বিভিন্ন কম্পোনেন্ট ব্যবহার করে গেট নির্মান করা অসম্ভব কিছু নয়, বরং এটা সম্ভব। কিন্তু এটা না করাই ভালো, কারন এই উপায়ে আমরা যে পারফরমেন্স পাব, আমাদের গেটের সাইজ যত বড় হবে এবং গেটের দাম যত পড়বে, তাতে প্রফেশনাল চিপ নির্মাতাদের চিপ ব্যবহার করার উত্তম।

সাধারনত চিপ নির্মানের জন্য দুই ধরনের কৌশল ব্যবহার করা হয়। এদের একটি হচ্ছে টি টি এল এবং অন্যটি হচ্ছে সিমোস। টি টি এল পদ্ধতিতে বাইপোলার ট্রানজিষ্টর ব্যবহার করা হয়। অন্যদিকে সিমোসে কমপ্লিমেন্টারী মোসফেট ব্যবহার করা হয়। এই দুই রকমের ডিভাইস একই রকমভাবে কাজ করে, যদি এদের গতি, আউটপুট, পাওয়ার কমসাম্পশন বা যে পরিমান বিদ্যুত নেয় তা ভিন্ন।

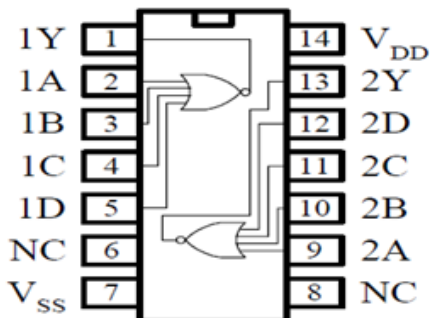
কোন লজিক আইসি টি টি এল বা সিমোস যাই হোক না কেন, এর ভিতরে সাধারণত একের অধিক লজিক গেট থাকে। সবগুলো গেটকে দুটি কমন পিনের সাহায্যে ভোল্টেজ সরবরাহ করা হয়। আইসি গুলোতে একটি গেট থাকে যেটিকে বলা হয়  $V_{CC}$  এবং অন্য একটি পিন থাকে যাকে বলা হয়  $GND$ ।  $V_{CC}$  তে পজেটিভ এবং  $GND$ তে নেগেটিভ ভোল্টেজ দেয়া হয়। অধিকাংশ ক্ষেত্রে +৫ ভোল্ট ভোল্টেজ দেয়া হয়, যদিও সবসময় এটি সত্য নয়। নিচে বিভিন্ন আইসি এর ইন্টারনাল ডায়াগ্রাম দেয়া হলো।



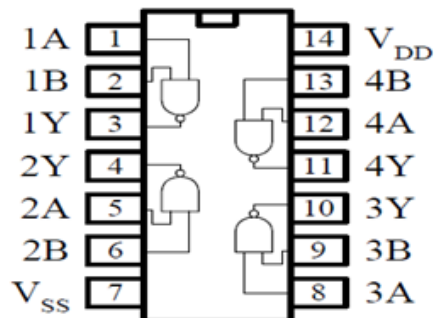
7400 সিরিজের  
দুই ইনপুট ন্যান্ড



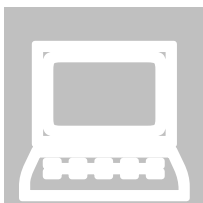
7400 সিরিজের  
দুই ইনপুট নর



4000 সিরিজের  
দুই ইনপুট নর



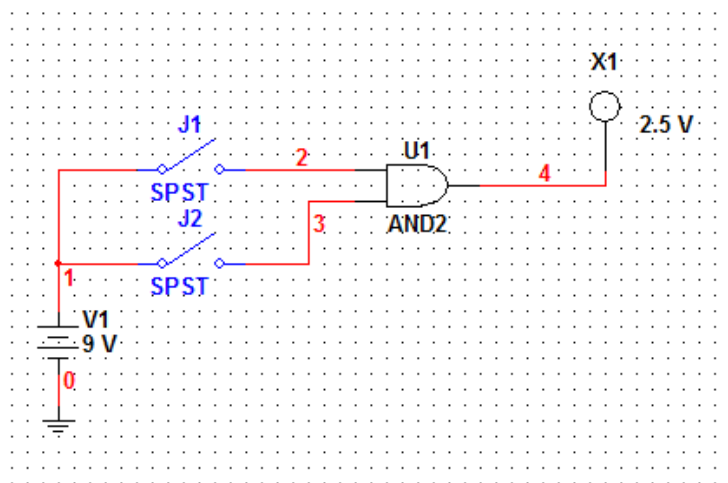
4000 সিরিজের  
দুই ইনপুট ন্যান্ড



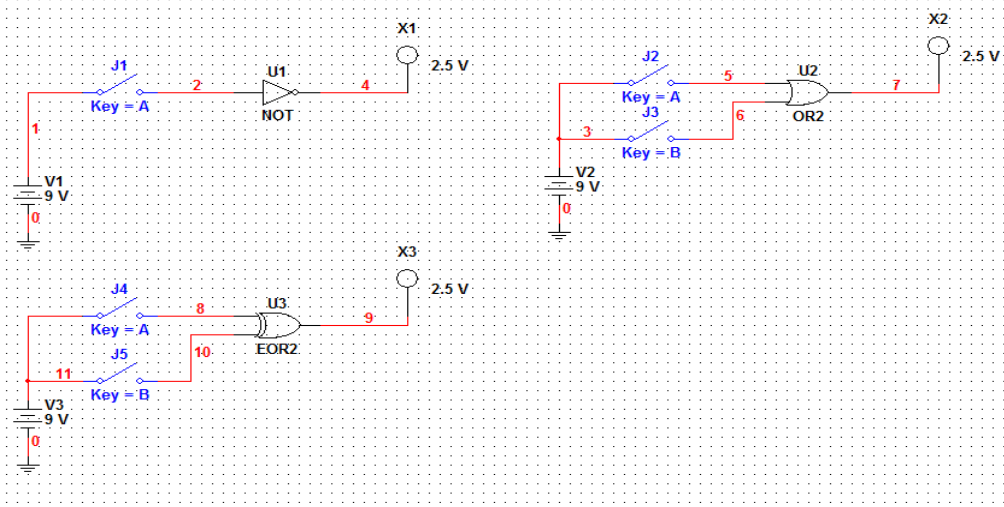
## ব্যাবহারিক একঃ লজিক গেট বেসিক

এই ব্যাবহারিকে আমরা লজিক গেটের ব্যাবহার এবং কিভাবে লজিক গেটকে বিশ্লেষণ করা সম্ভব তা জানবো।

1. মাল্টিসিম ওপেন করি।
2. কী বোর্ড থেকে CTRL+J প্রেস করি। কম্পোনেন্ট বক্স আসলে, ডানপাশের Search বাটন ক্লিক করি এবং ডায়ালগ বক্স আসলে Component বক্সে AND লিখি। Search বাটন ক্লিক করি।
3. বক্স আসলে AND 2 ক্লিক করি এবং OK করি। আবার OK করি এবং কম্পোনেন্টকে ওয়ার্কস্পেসে বসাই।
4. একই সার্চ অপশন ব্যবহার করে Battery, SPST, GND, PROBE খুঁজে বের করি। এবার নিচের মতো করে সার্কিটে তার সংযুক্ত করি।

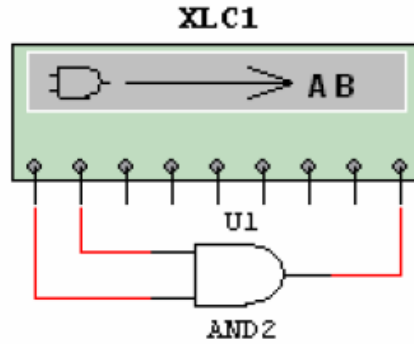



- কী বোর্ড থেকে F5 প্রেস করে সিমুলেশন রান করি। সুইচের উপর ক্লিক করে একটি সুইচ বন্ধ করি। লক্ষ করি আউটপুট কি হয়। এভাবে নট, অর, এক্সর গেটের জন্য নিচের মতো সার্কিট নির্মান করি।

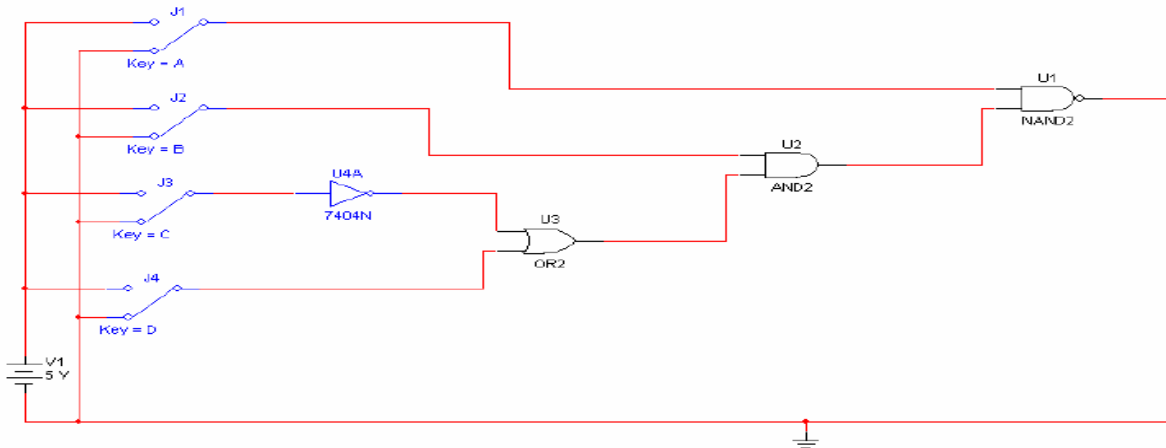


- এভাবে দুটি সুইচ খোলা রেখে, দুটি সুইচ বন্ধ রেখে, যেকোন একটি সুইচ খোলা রেখে লক্ষ করি আউটপুট কি হয়। এভাবে এই সার্কিটের জন্য ট্রুথ টেবিল নির্মান করি।
- এবার মাল্টিসিমের ডানপাশের টুলবার থেকে লজিক কনভার্টার (Logic Converter) ক্লিক করি।
- লজিক কনভার্টার ব্যবহার করে নিচের মতো সার্কিট নির্মান করে।

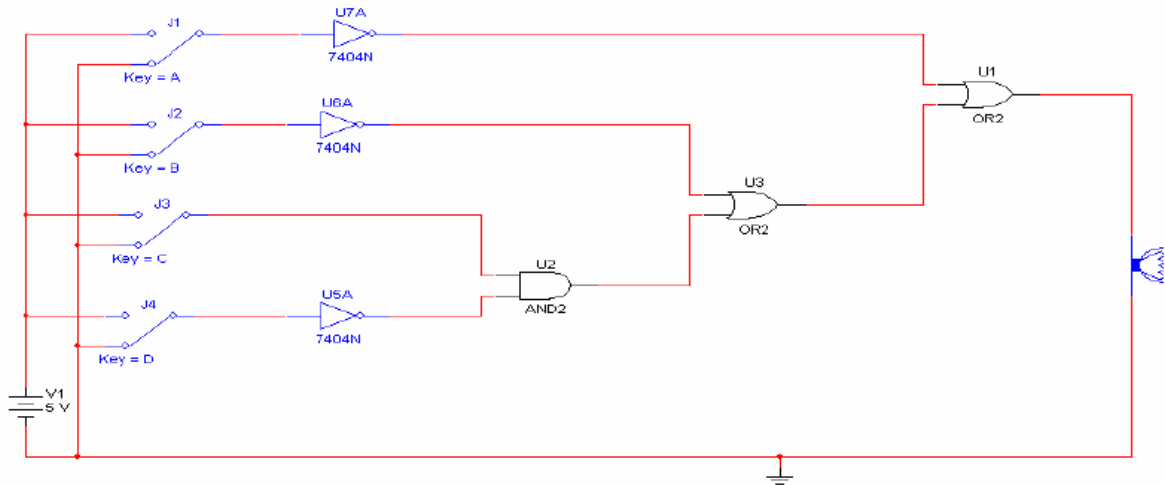




9. এবার ট্রুথ টেবিল পাবার জন্য কনভার্টারের ডানপাশের নিচের চিহ্নে ক্লিক করি। 
10. একইরকমভাবে ন্যান্ড, অর, নর, নট, এক্সর গেটের জন্য ট্রুথ টেবিল নির্ধারন করি।
11. এবার নিচের সার্কিটটি নির্মান করি এবং লজিক কনভার্টার ব্যবহার করে ট্রুথ টেবিল নির্মান করি।



12. এবার নিচের সার্কিট নির্মান করি এবং সার্কিট থেকে ট্রুথ টেবিল এবং বুলিয়ান এক্সপ্ৰেশন নির্নয় করি।



13.  $F = A.C.D + A.B + C.B$  বুলিয়ান এক্সপ্ৰেশন থেকে সার্কিট নির্মান করি।

## কম্বিনেশনাল সার্কিট

আমরা বিভিন্ন গেট সম্বন্ধে জেনেছি। এই গেট সমূহ একে অন্যর সাথে সংযুক্ত করে জটিল সার্কিট নির্মাণ করা হয়। গেটের কম্বিনেশনে জটিল এই সার্কিট বিভিন্ন লজিকাল কাজ সম্পন্ন করে। একে বলা হয় কম্বিনেশনাল সার্কিট। এই অধ্যায়ে আমরা কম্বিনেশন সার্কিট সম্বন্ধে জানবো।

**ক**ম্বিনেশন সার্কিট ব্যবহার করে সার্কিট নির্মাণ সম্ভব যেগুলো জটিল সব ফাংশন নিয়ে কাজ করতে পারে। যেমন মনেকরি আমরা একটি গাড়ী ডিজাইন করছি। যখন গাড়ীতে তেল না থাকবে তখন সে তেল লাগবে বলে সিগন্যাল দিবে। আবার গাড়ীর ইঞ্জিন অতিরিক্ত গরম হয়ে গেলে, সিগন্যাল দিবে। সাথে সাথে সিটবেল্ট না বাধা থাকলে এর সিগন্যাল দিবে। পরবর্তী পাতায় এর সার্কিট ডায়াগ্রাম দেয়া হলো।

আইকন কোড

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

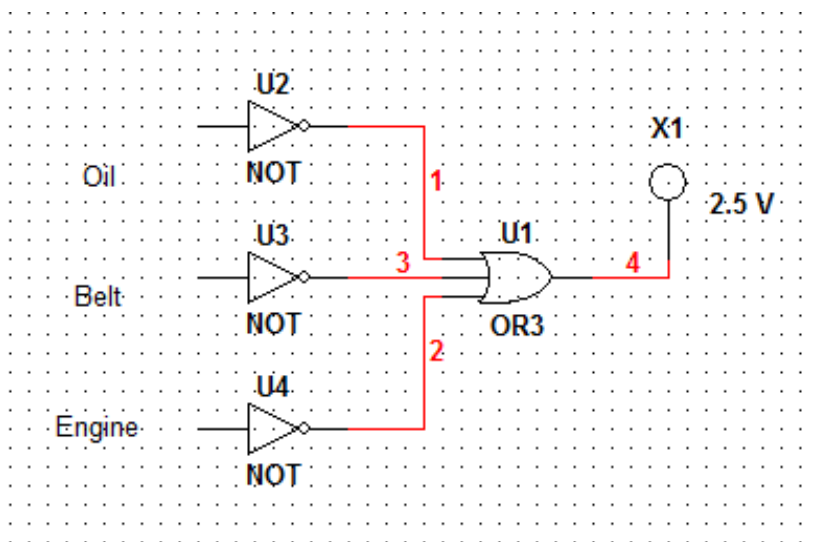
নিজেকে পরীক্ষা

পিসিতে ডিজাইন

সার্কিট নির্মাণ

পাঠক যেন বইয়ের বিভিন্ন অংশে সহজে ব্রাউজ করতে পারেন সেজন্য বইতে কিছু আইকন ব্যবহার করা হয়েছে

## কম্বিনেশনাল সার্কিট ডিজাইন



এখন প্রশ্ন এই সার্কিট আমরা কিভাবে পেলাম। এর উত্তর সহজ। আমাদের মুখের কথাকে পরিবর্তন করেই এই সার্কিট ডিজাইন করা হয়েছে।

মনেকরি আমাদের গাড়ীর ড্যাশবোর্ডে লাইট আছে; তেলের জন্য, সিটবেল্টের জন্য এবং ইঞ্জিন গরমের সিগন্যাল দেবার জন্য। তেল না থাকলে লাইট জ্বলবে, সিটবেল্ট বাধা না হলেও জ্বলবে ইত্যাদি। ডিজিটাল সার্কিটের ভোল্টেজের মান হবে ০ এবং তেল থাকলে মান হবে ১। এভাবে সিটবেল্ট এবং ইঞ্জিনের জন্যও বিষয়ের মান দেয়া হয়েছে। শেষ পর্যন্ত আমরা একটি সমীকরন পেয়েছি। যদি তেলকে  $T$  সিটবেল্টকে  $S$  এবং ইঞ্জিনকে  $E$  দিয়ে দেখানো হয়, তবে আমরা লিখতে পারি,

$$F = T + S + E$$

যদি তেল না থাকে তবে তেলের ট্যাক্সের সেন্সর থেকে সিগন্যাল আসবে ০। এই সিগন্যালকে নট গেটের ভিতর দিয়ে চালনা করলে মান পাওয়া যাবে ১। এখানে সবগুলো সেন্সরের আউটপুট নট গেটের ভিতর দিয়ে চালনা করে সর্বশেষে অর গেটের সাথে সংযুক্ত করা হয়েছে। এভাবে যেকোন একটি সেন্সরের মান ১ হলেই নট গেট চালু হয়ে যাবে এবং লাইটটি জ্বলবে।

আমরা সার্কিট নির্মানের জন্য যে সমীকরন ব্যবহার করছি, তা জটিল কিছু নয়। কিন্তু অনেক সময় আমরা এমন সমীকরন পেয়ে থাকি যা অনেক জটিল এবং আকারে অনেক বড় হয়ে থাকে। এই বড় সমীকরন থেকে সার্কিট নির্মান করলে সার্কিটের আকারও বেড়ে যায় এবং অনেক পার্টসের প্রয়োজন হয়, সার্কিটের খরচও বেড়ে যায়।

তাই এই জটিল সমীকরনকে সহজ করার জন্য আমাদের দরকার হয় বুলিয়ান এলজেবরা। আমরা অতীত কালে যে এলজেবরা শিখেছি তা থেকে বুলিয়ান এলজেবরা তা থেকে কিছু ভিন্ন। বুলিয়ান এলজেবরা শুধুমাত্র সত্য মিথ্যা নিয়ে কাজ করে।



### বুলিয়ান এলজেবরা

বুলিয়ান এলজেবরাতে তিনটি প্রধান সূত্র রয়েছে। এগুলো হচ্ছে কমিউটেটিভ সূত্র, এসোসিয়েটিভ সূত্র এবং ডিসট্রিবিউটিভ সূত্র।

কমিউটেটিভ সূত্রে বলা হয়,  $A+B = B+A$

এসোসিয়েটিভ সূত্রে বলা হয়,  $A+(B+C) = (A+B)+C$

এই এসোসিয়েটিভ সূত্র যদি গুনের জন্য হয় তবে,  $A*(B*C) = (A*B)*C$

ডিসট্রিবিউটিভ সূত্রে বলা হয়,  $A(B+C) = AB+AC$

তবে উপরের এই সুত্রগুলো নিয়ে খুব বেশী চিন্তা করার প্রয়োজন নেই। বরং নিচের সুত্রগুলো মুখস্থ করলেই চলবে।

- $A+0 = A$
- $A+1 = 1$
- $A.0 = 0$
- $A.1 = A$
- $A+A = A$
- $A+A' = 1$
- $A.A = A$
- $A.A' = 0$
- $A'' = A$
- $A + AB = A$
- $A+A'B = A+B$
- $(A+B)(A+C) = A+BC$

এই সুত্রসমূহের সাহায্য আমরা জটিল সমীকরনকে সহজ সমীকরনে পরিনত করতে পারি। যেমন আমাদের যদি দেয়া থাকে,

$$AB + A'C + BC$$

তাহলে আমরা একে লিখতে পারি,

$$AB + A'C$$

কারণ

$$AB + A'C + BC$$

বুলিয়ান এলজেবরাতে আরেকটি গুরুত্বপূর্ণ থিওরী হচ্ছে ডি মরগান ল'। সহজভাষায় ডি মরগান ল'তে দুটি অংশ আছে।

প্রথম অংশ মতে,

$$X'Y' = X' + Y'$$

দ্বিতীয় অংশ মতে

$$(X+Y)' = X'Y'$$



### ডি মর্গানের সূত্র

ডি মর্গানের সূত্র ডিজিটাল লজিকের একটি গুরুত্বপূর্ণ অংশ। কেন এটা গুরুত্বপূর্ণ? আমরা যখন কোন সার্কিট ডিজাইন করি তখন, অনেক সময় সার্কিটের আকার অনেক বড় হয়ে যায়।

তখন ডি মর্গানের সূত্র ব্যবহার করে আমরা বড় হয়ে যাওয়া এই সার্কিটকে আকারে ছোট সার্কিটে রূপান্তর করতে পারি, যা বড় সার্কিটের মতোই কাজ করবে। ডি-মর্গানের সূত্র কি বলে?

ডি-মর্গান একজন বিজ্ঞানীর নাম যিনি বলেন, যেকোন সমীকরণ যার দুটি ভেরিয়েবলের উপরে নট চিহ্ন লাগানো আছে, আমরা তাদের ভেঙ্গে একক ভেরিয়েবলে পরিণত করতে পারি।

ডি-মর্গানের ডেফিনেশন থেকে হয়তো কিছুই বোঝা যাচ্ছেনা ☺। উদাহরণের সাহায্য বিষয়টি দেখা যাক।

মনেকরি নিচের একটি সমীকরণ আছে,

$$A'.B' = 0$$

আমরা একে লিখতে পারি,

$$A'.B' = A' + B'$$

আবার যদি থাকে,

$$A' + B' = 0 \text{ তবে লিখা যায় } A' + B' = A'.B'$$

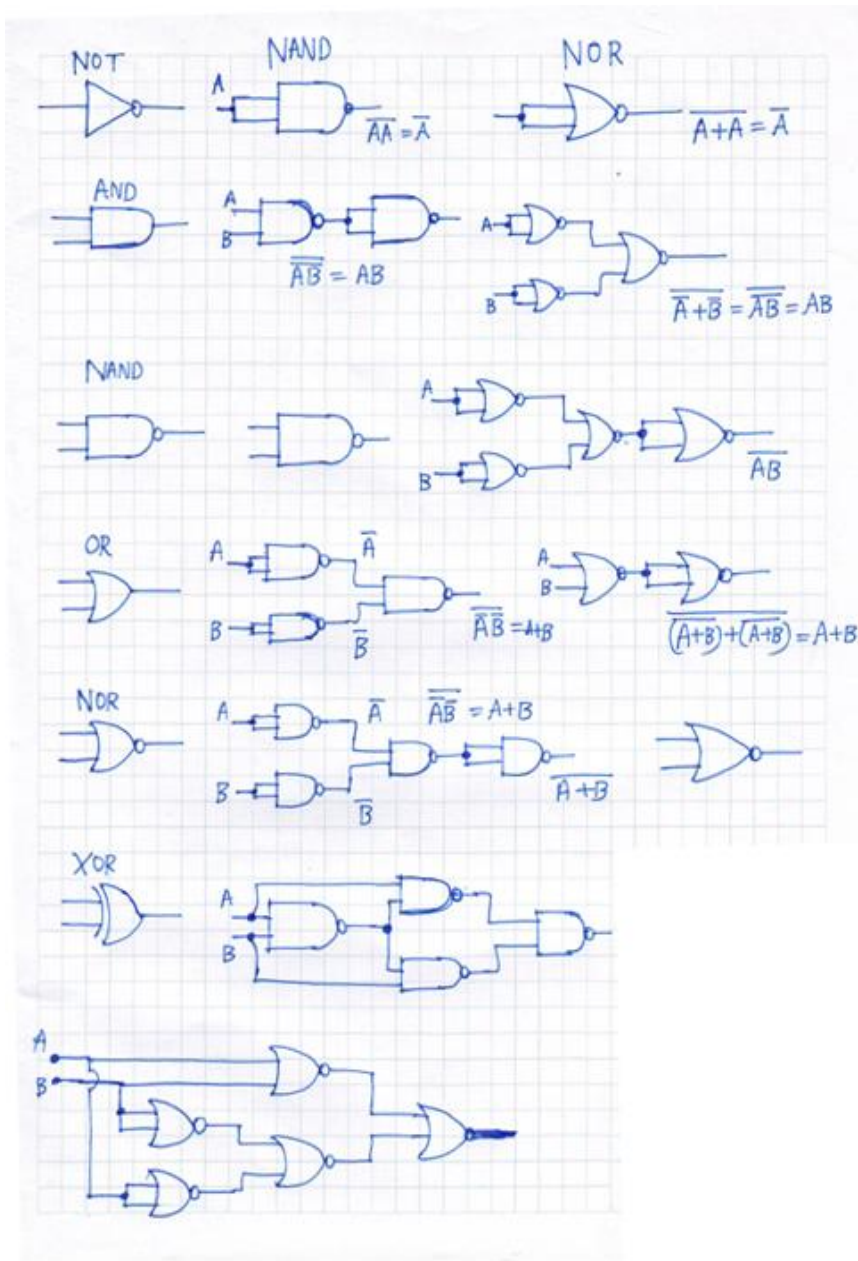
এভাবে সংযুক্ত নট চিহ্ন যুক্ত সমীকরণকে ভেঙ্গে আমরা একক ভেরিয়েবল রূপান্তর করতে পারি। কোন বড় সার্কিটকে আকারে ছোট করার জন্য ডি-মর্গানের সূত্র ব্যবহার করা হয়।



ন্যান্ড এবং নর গেট দিয়ে বাকী সব গেট অঙ্কন মনে করা যাক, কোন এক নিউক্লিয়ার বিস্ফোরনে বিশ্বের সব গেট ধবংশ হয়ে গেছে। এন্ড গেট, অর গেট, নট গেট ইত্যাদি কোন গেটের অস্তিত্ব আর নেই। শুধু আছে, ন্যান্ড গেট এবং নর গেট। এই ন্যান্ড এবং নর গেটকে বলা হয় ইউনিভার্সাল গেট । কারণ এই দুটি গেটের যেকোন একটি ব্যবহার করেই বাকী সব গেট অঙ্কন করা যায়। এই বিষয়টি বেশ মজার।

মনে করা যাক আমাদের হাতে ন্যান্ড গেট ছাড়া অন্য কোন গেট নেই। কিন্তু আমাদের কাছে সার্কিট আছে যেটি ডিজাইন করতে আমাদের প্রয়োজন এন্ড, অর সহ আরো বিভিন্ন গেট । এখন শুধু ন্যান্ড গেট ব্যবহার করেই আমরা সার্কিট নির্মাণ করতে পারবো। নিচে দেখানো হলো, কিভাবে ন্যান্ড এবং নর গেট দিয়ে বাকী সব গেট অঙ্কন করা সম্ভব।







## মিন টার্ম এবং ম্যাক্স টার্ম

আমরা ইতিপূর্বে এন্ড গেট এবং অর গেট সম্পর্কে জেনেছি। এন্ড হচ্ছে গুন এবং অর হচ্ছে যোগ। এন্ড গেট হচ্ছে দুটো টার্মের যোগ এবং অর টার্ম হচ্ছে দুটো টার্মের যোগফল।

মিনটার্ম হচ্ছে কোন সমীকরণের মধ্য গুনবোধক টার্ম বা এন্ড বোধক টার্ম। অন্যদিকে ম্যাক্স টার্ম হচ্ছে কোন সমীকরণের মধ্য যোগবোধক টার্ম বা অর টার্ম।

ব্যাপারটি একটি উদাহরণের সাহায্য দেখা যাক। যেমন আমাদের দুটি টার্ম আছে, X এবং Y।

নম্বর	X	Y	মিনটার্ম	ম্যাক্সটার্ম
১	০	০	$X' Y'$	$X + Y$
২	০	১	$X' Y$	$X + Y'$
৩	১	০	$X Y'$	$X' + Y$
৪	১	১	$X Y$	$X' + Y'$

সুতরাং দেখা যাচ্ছে, মিনটার্মের জন্য আমরা সব সমীকরণের ১ হিসাব করতে হয় এবং ম্যাক্সটার্মের জন্য আমাদের ০ হিসাব করতে হয়।

যেমন নিচের সমীকরণের মিনটার্ম বের করতে হবে।

$$F1 = m1 + m2 + m7$$

আমরা ট্রুথ টেবিল পাই,

000 – 001 – 010 – 011 – 100 – 101 – 110 – 111

এখন দেখা যাচ্ছে  $m_1, m_4, m_7$  হচ্ছে টেবিলের ১, ২ ও ৭ নং টার্ম। যেগুলো হচ্ছে 001, 100, 111

যেহেতু মিনটার্ম এন্ড টার্ম তাই  $m_1, m_4, m_7$  এ মান ১ এবং বাকী সব স্থানে মান ০। আমরা ট্রুথ টেবিল লিখতে পারি,

x y z	index	$m_1$	+	$m_4$	+	$m_7$	= $F_1$
0 0 0	0	0	+	0	+	0	= 0
0 0 1	1	1	+	0	+	0	= 1
0 1 0	2	0	+	0	+	0	= 0
0 1 1	3	0	+	0	+	0	= 0
1 0 0	4	0	+	1	+	0	= 1
1 0 1	5	0	+	0	+	0	= 0
1 1 0	6	0	+	0	+	0	= 0
1 1 1	7	0	+	0	+	1	= 1

তাই লেখা যায়,

$$001 = X'Y'Z, 100 = XY'Z', 111 = XYZ$$

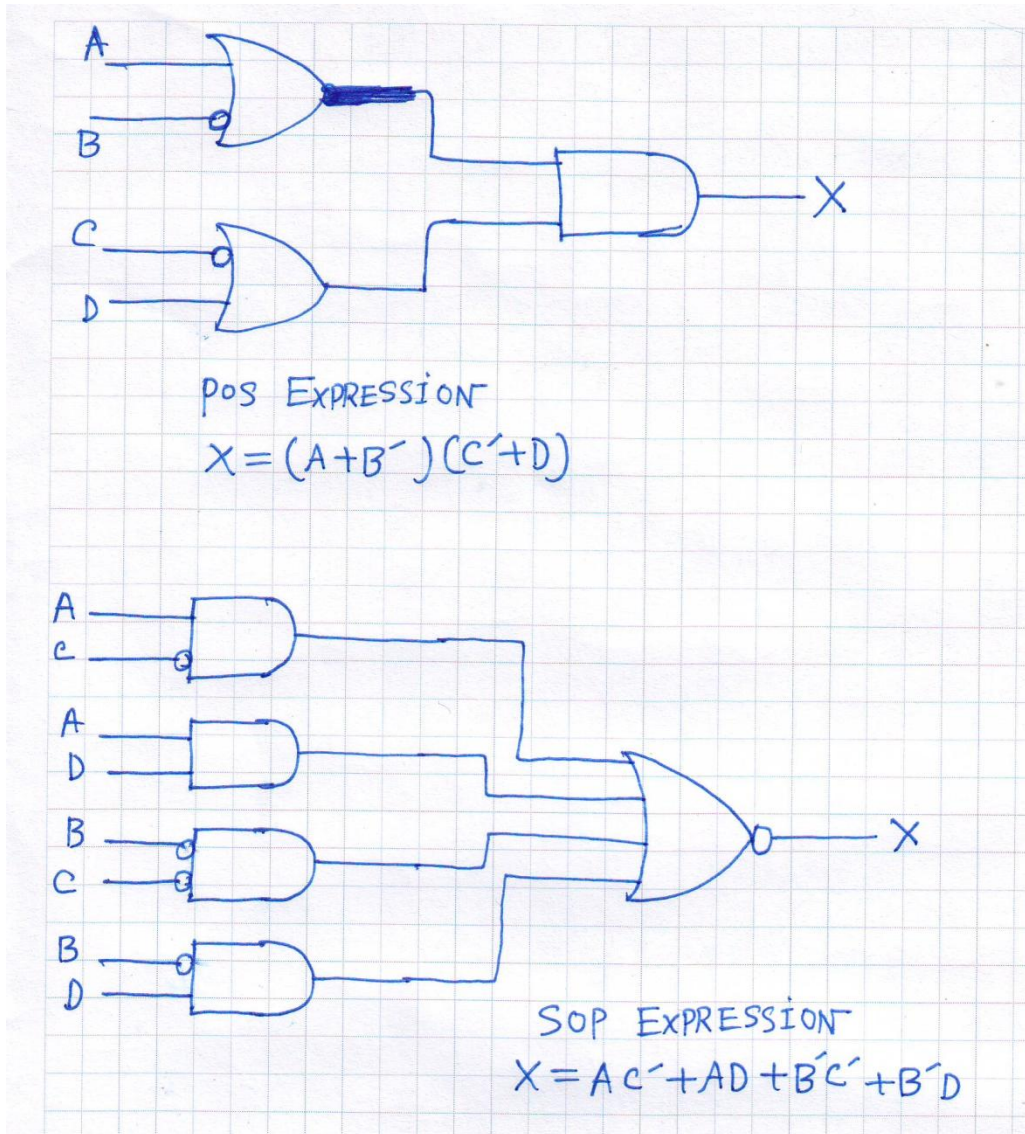
$$F1 = X'Y'Z + XY'Z' + XYZ$$

মিনটার্ম এবং ম্যাক্সটার্মের সাথে সম্পর্কিত আরো দুটি বিষয় হচ্ছে, সাম অফ প্রোডাক্ট [Sum of Product] এবং প্রোডাক্ট অফ সাম [Product of Sum]।

সাম অফ প্রোডাক্ট হচ্ছে সব যোগ সমূহের গুনফল এবং প্রোডাক্ট অফ সাম হচ্ছে সব গুনগুলোর যোগফল। আমাদের যদি ভেরিয়েবেল থাকে, A, B, C, D, E, F তাহলে এদের সাম অফ প্রোডাক্ট হবে,

$$X = AB + CD + EF$$

কোন সমীকরণের সাম অফ প্রোডাক্ট এবং প্রোডাক্ট অফ সামের ডায়াগ্রাম নিচের মতো হবে।



একই সমীকরনের প্রোডাক্ট অফ সাম হবে,  
 $X = (A+B) (C+D) (E+F)$



### কে - ম্যাপ

আমরা ইতিপূর্বে বুলিয়ান এলজেবরা, ডি মর্গান ল' ইত্যাদি সম্পর্কে জেনেছি। এগুলোর মূল উদ্দেশ্য ছিলো কোন বড় সার্কিটকে আকারে ছোট করা। কিন্তু এই পদ্ধতি সমূহের সমস্যা হচ্ছে, এগুলো অনেক সময় সাপেক্ষ এবং এভাবে সার্কিট সংক্ষেপ করতে অনেক সমীকরন নিয়ম কানুন মনে রাখতে হয়। এই সমস্যা এড়াতে আরেকটি কৌশল অবলম্বন করা হয় একে বলে হয় কে-ম্যাপ। কে ম্যাপের সাহায্য আমরা বড় কোন সমীকরনকে ছোট সমীকরনে পরিনত করতে পারি।

**K-MAP CONSTRUCTION**

		$\bar{C}$	$C$	
$\bar{A}$	$\bar{B}$	1	1	$\bar{A}\bar{B}$
$\bar{A}$	$B$	0	1	$\bar{A}C$
$A$	$\bar{B}$	0	0	
$A$	$B$	1	0	$\bar{B}C$

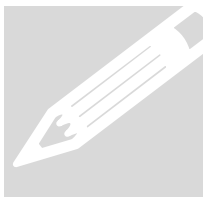
$X = \bar{A}\bar{B} + \bar{A}C + \bar{B}C$

যদি আমাদের দুটি ভেরিয়েবেল A এবং B থাকে তবে তাদের কে ম্যাপ হবে,

b \ a	0	1
0		
1		

যদি আমাদের তিনটি ভেরিয়েবেল A, B এবং C থাকে তবে তাদের কে ম্যাপ হবে,

c \ ab	00	01	11	10
0	$m_0$	$m_2$	$m_6$	$m_4$
1	$m_1$	$m_3$	$m_7$	$m_5$



আমাদের বুলিয়াল এক্সপ্রেশন আছে  $F(a,b,c) = \sum m(1,2,3,5,6)$   
কে-ম্যাপের সাহায্য সংক্ষিপ্ত করতে হবে।

প্রথমে কে-ম্যাপকে প্লট করি।

ab \ c	00	01	11	10
0		1	1	
1	1	1		1

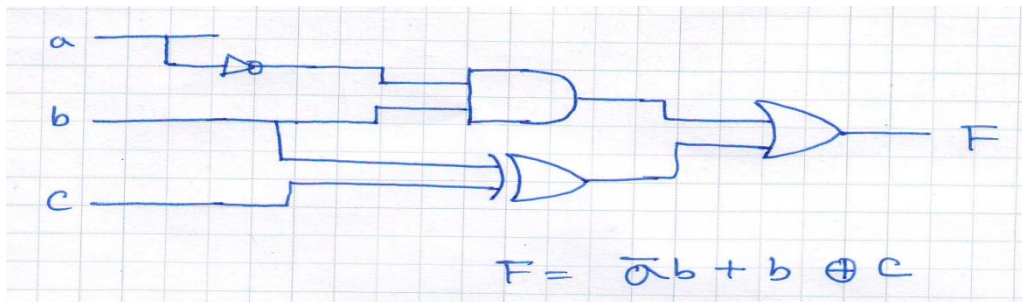
এবার কে-ম্যাপকে বিভিন্ন গ্রুপে ভাগ করি।

ab \ c	00	01	11	10
0		1	1	
1	1	1		1

এভাবে প্রতিটি গ্রুপের জন্য আলাদা আলাদা সমীকরন লিখি।

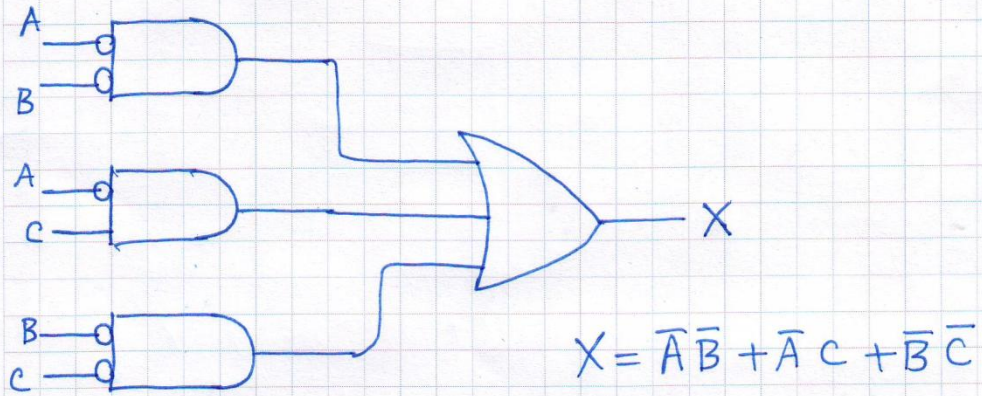
$$F(a, b, c) = \bar{a}b + b\bar{c} + \bar{b}c = \bar{a}b + b \oplus c$$

কে ম্যাপের থেকে প্রাপ্ত সমীকরন থেকে আমরা সার্কিট নির্মান করতে পারি।

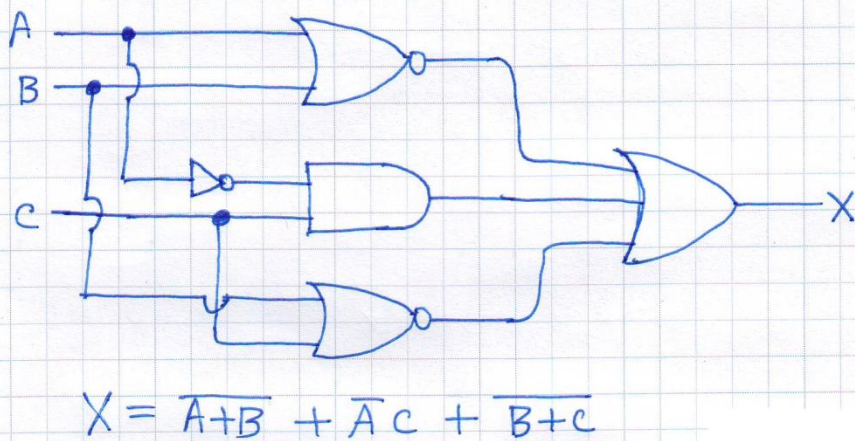




### CIRCUIT FROM EQUATION



### Real Practical circuit







### বাস্তব কন্সিনেশনাল ডিভাইস

আমরা এখন শিখেছি কিভাবে ট্রুথ টেবিল, বুলিয়ান এক্সপ্রেশন, কে-ম্যাপ ব্যবহার করে কোন সমীকরন থেকে সার্কিট নির্মান সম্ভব। কিন্তু বাস্তব ক্ষেত্রে কিভাবে এটি সম্ভব। ডিজিটাল সার্কিট সমূহ মূলত আইসি নির্ভর। আমরা যে এন্ড গেট, অর গেট ইত্যাদি নিয়ে ইতিপূর্বে আলোচনা করেছি, তা মূলত আইসি প্যাকেজ আকারে আসে। আইসি নিয়ে আলোচনা করার পূর্বে আইসি এর পার্টস নম্বর সম্পর্কে কিছু আলোচনা করা জরুরী। ডিজিটাল কন্সিনেশন সার্কিটে যে আইসি ব্যবহার করা হয় তা মূলত ৪০০০ এবং ৭৪০০ নম্বর দিয়ে শুরু হয়। কিছু কিছু অতি পুরাতন আইসি যাদের নতুন ভার্সন বের হয়েছে, তাদের নম্বরের সাথে কিছু অক্ষর যুক্ত হয়। যেমন আইসি ৭৪১৩৯ এবং ৭৪ F১৩৯ একই আইসি, যেখানে ৭৪ F১৩৯ তে অতিরিক্ত কিছু ফাংশন যুক্ত করা হয়। কোন কোন সময় নতুন ভার্সনের আইসিতে স্প্রীড বেশী হয়, কম শক্তিতে চলে এরকম কিছু সুবিধা থাকতে পারে। আইসি সম্পর্কে আমরা পরবর্তীতে আলোচনা করবো।



### ব্যাবহারিক দুইঃ হোম সিকিউরিটি সার্কিট

এনালগ কম্পোনেন্ট ব্যবহার করে আমরা সিকিউরিটি সার্কিট নির্মান করতে পারি। অনেক সময় জটিল কোন সিকিউরিটি সার্কিট নির্মান কষ্টসাধ্য হতে পারে। ডিজিটাল লজিক ব্যবহার করে আমরা খুব সহজেই এজাতীয় সার্কিট নির্মান করতে পারি। এই ব্যবহারিকে আমরা আমাদের এপর্যন্ত শেখা ডিজিটাল লজিকের জ্ঞান ব্যবহার করে একটি সিকিউরিটি সার্কিট নির্মান করবো।

1. মান্টিসিম ওপেন করি এবং কীবোর্ড থেকে CTRL+J প্রেস করি।
2. এবার ডানপাশের Search বাটন ক্লিক করি।



## নিজে হাতে রোবট বানাই

প্রকৌশলী মীর এ বি এম জাকির হোসেন

এই এর শেষে যুক্ত হবে এ এই  
কীবোর্ডে Unique Password Code  
আছে।

রোবট বানানোর সব উপকরণ পেতে  
এই কোড ব্যবহার হবে

যুক্ত হবে এই খাম খোলা থাকলে এই  
কিনবেন না



ভিতরে আছে:

- আকাশে উড়ন্ত রোবট ডিজাইন
- পানির নিচে রোবট ডিজাইন
- হাটে সস্তা রোবট ডিজাইন
- রোবট কার ডিজাইন এবং
- প্রয়োজনীয় সার্কিট ও সেসর

রোবটিক সম্বন্ধে আলোচনা  
হাতে কলমে রোবট নির্মাণ শিক্ষা  
সহজ রোবট প্রোগ্রামিং ল্যাংগুয়েজ নিয়ে আলোচনা  
বিস্তারিত ড্রইং ও এনিমেশন সহ ছবিটি সম্পূর্ণ রোবট প্রজেক্ট

একটি ডাইনামিক ইলেকট্রনিক্স প্রেস এর প্রকাশনা

## নিজে হাতে বানাই কম্পিউটার নিয়ন্ত্রিত রোবট বিমান


প্রকৌশলী মীর এ বি এম জাকির হোসেন

দুইয়ের ভিতরে সংযুক্ত কী-বোর্ড,  
বায়োমিটার করে ডায়ালিস্ট সার্কিটে  
রেজিস্টার করতে এবং রোবট নির্মাণ  
সম্পর্কিত যেকোন সমস্যাতে কথা  
অন্যভাবে হের ভেদেছে আলোচনা



বিস্তারিত ড্রইং ও এনিমেশন সহ সম্পূর্ণ রোবট প্রজেক্ট  
বিমানের ইতিহাস এবং বিমান প্রযুক্তি নিয়ে আলোচনা  
বিস্তারিত চিত্র এবং বর্ণনাসহ রোবট বিমান নির্মাণ  
রোবট বিমানের সার্কিট কম্পিউটার ডিজাইন এবং প্রোগ্রামিং  
রোবট বিমানের নিয়ন্ত্রণ এবং আকাশ থেকে চিত্র গ্রহণের প্রযুক্তি


একটি ডাইনামিক পাবলিকেশনের প্রকাশনা



প্রজেক্টের মাধ্যমে ইলেকট্রনিক্স শেখার সিরিজ

## মাইক্রোকন্ট্রোলার প্রজেক্ট'স

প্রকৌশলী মীর এ বি এম জাকির হোসেন



প্রজেক্টের মাধ্যমে ইলেকট্রনিক্স শেখার সিরিজ

## প্রজেক্ট ইলেকট্রনিক্স

প্রকৌশলী মীর এ বি এম জাকির হোসেন

## বই পেতে চাইলে?

বই পেতে চাইলে বা বই এবং পার্টস সংক্রান্ত যেকোন প্রয়োজনে

যোগাযোগ করুনঃ

ডাইনামিক পাবলিকেশন

১০৩, বশিরউদ্দিন রোড, কলাবাগান, ঢাকা।

ফোনঃ ৮১৩০৬০০

মোবাইলঃ ০১৭১৬-৩১৮২৭৬

ইমেইলঃ [solution\\_resource@hotmail.com](mailto:solution_resource@hotmail.com)

ওয়েবঃ <http://sites.google.com/site/dynamicpb>